

WISSENSCHAFTLICHE ERGÄNZUNGSHEFTE

ZUR

ZEITSCHRIFT DES D. U. Ö. ALPENVEREINS.

I. BAND. — 3. HEFT.

DAS GOTTESACKERPLATEAU

EIN KARRENFELD IM ALLGÄU

STUDIEN ZUR LÖSUNG DES KARRENPROBLEMS

VON

DR. MAX ECKERT

MIT EINER KARRENKARTE DES GOTTESACKERPLATEAUS 1 : 7500, 40 AUTOTYPIEBILDERN AUF 20 TAFELN, 64 TEXTFIGUREN UND EINER KARTE DER IFENGRUPPE 1 : 50000 IM TEXT.

INNSBRUCK 1902.

VERLAG DES DEUTSCHEN UND ÖSTERREICHISCHEN ALPENVEREINS.

HERGESTELLT DURCH DIE VERLAGSANSTALT F. BRUCKMANN A.-G. IN MÜNCHEN.

IN COMMISSION FÜR DEN BUCHHANDEL BEI DER J. LINDAUERSCHEN BUCHHANDLUNG IN MÜNCHEN

Seinem lieben und verehrten Dr. Drenell
mit herzlichem Gruss
der Verfasser
Leipzig, Sept. 1902.

WISSENSCHAFTLICHE ERGÄNZUNGSHEFTE

ZUR

ZEITSCHRIFT DES D. U. Ö. ALPENVEREINS

I. BAND. — 3. HEFT.

GOTTESAC

Karrenfeld zwischen Hohem If



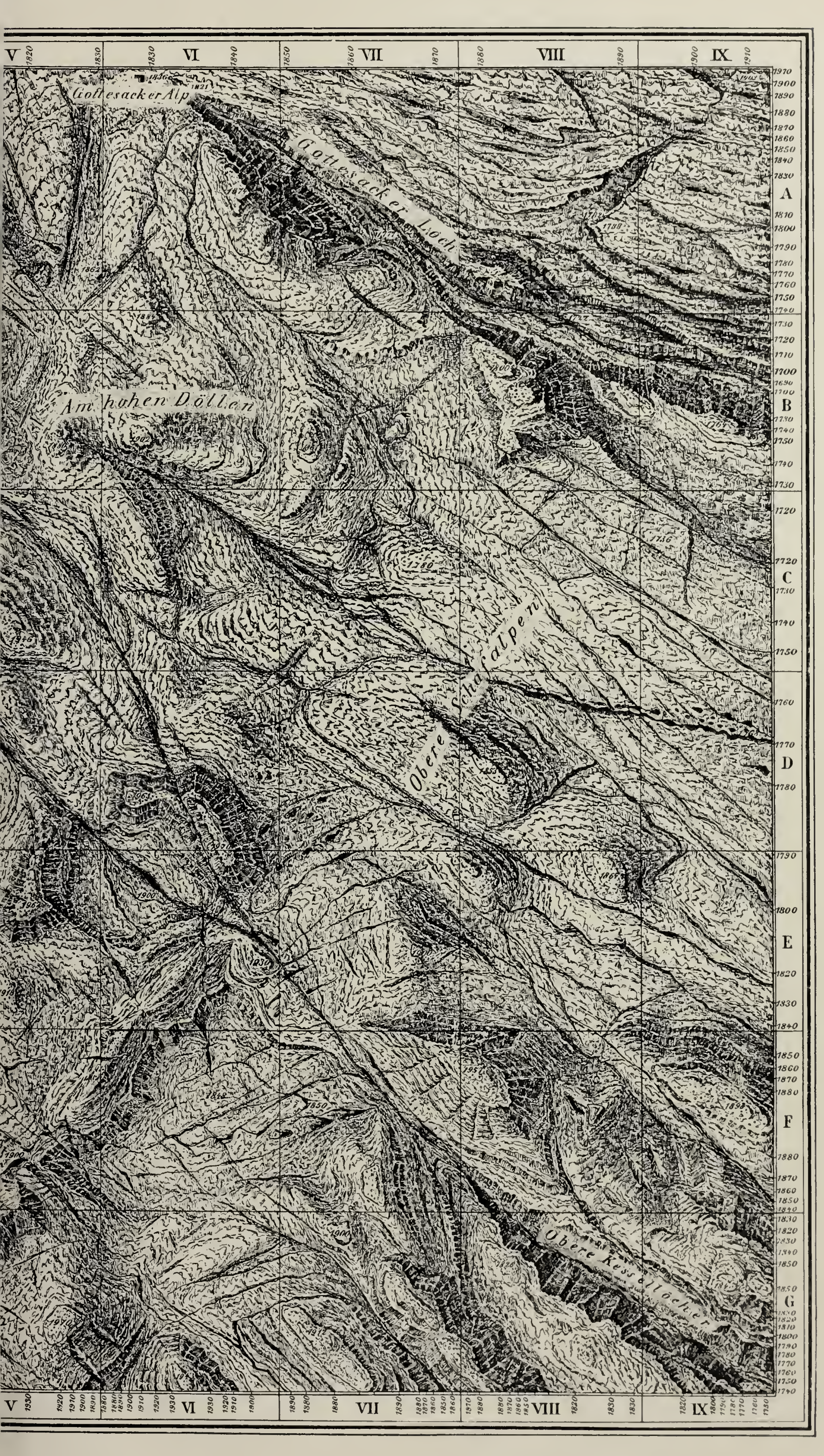
Maßstab 1 : 7500. Aequidistanz 10 Meter.

100 0 100 200 300 400 500

Meter

ERPLATEAU

und Oberen Gottesackerwänden



Aufgenommen und gezeichnet
von Dr M.Eckert



WISSENSCHAFTLICHE ERGÄNZUNGSHEFTE

ZUR

ZEITSCHRIFT DES D. U. Ö. ALPENVEREINS.

I. BAND. — 3. HEFT.

DAS GOTTESACKERPLATEAU

EIN KARRENFELD IM ALLGÄU

STUDIEN ZUR LÖSUNG DES KARRENPROBLEMS

VON

DR. MAX ECKERT

MIT EINER KARRENKARTE DES GOTTESACKERPLATEAUS 1 : 7500, 40 AUTOTYPIEBILDERN AUF 20 TAFELN, 64 TEXTFIGUREN UND EINER KARTE DER IFENGRUPPE 1 : 50 000 IM TEXT.

INNSBRUCK 1902.

VERLAG DES DEUTSCHEN UND ÖSTERREICHISCHEN ALPENVEREINS.

HERGESTELLT DURCH DIE VERLAGSANSTALT F. BRUCKMANN A.-G. IN MÜNCHEN.

IN COMMISSION FÜR DEN BUCHHANDEL BEI DER J. LINDAUERSCHEN BUCHHANDLUNG IN MÜNCHEN.

DRUCK VON ALPHONS BRUCKMANN, MÜNCHEN.

Inhalt:

Seite

Vorwort V

Erster Teil

Das Gottesackerplateau ein Karrenfeld 1

Zweiter Teil

Verbreitung der Karren und karrenähnlicher Gebilde 25

Dritter Teil

Ansichten über die Entstehung der Karren 33

Vierter Teil

Karrenkarte des Gottesackerplateaus und Karrenbild 57

Fünfter Teil

Entstehung der Karren auf dem Gottesackerplateau 69

Sachregister 104

Namenregister 107

Vorwort

Mit der Abhandlung über das Gottesackerplateau bringe ich eine Reihe von Beobachtungen und Studien zur Veröffentlichung, die zur Aufhellung eines viel umstrittenen alpinen Problems, des Karrenphänomens beitragen wollen. Weder ist diese Arbeit die Frucht einer einmaligen Reise, noch einer plötzlichen einzigen Studienzeit. Die sicheren Resultate sind innerhalb vieler Jahre ausgereift; denn 1893 bereits beschäftigte ich mich mit Karrenbeobachtungen im Kaisergebirge. Zu den reinen Naturbeobachtungen gesellten sich die mehr historischen Studien; »denn wirklich fruchtbringend können die einzelnen Probleme nur unter steter Würdigung der Richtungen und Gesichtspunkte behandelt werden, unter welchen sie bereits im Laufe einer meist allmählichen Entwicklung erörtert worden sind« (Penck, Morphologie). Einen größeren und drei kleinere Aufsätze habe ich im Laufe der Zeit über das Karrenphänomen veröffentlicht; sie behandelten einzelne wichtige Momente, die sie klären wollten, um zugleich zu neuen Beobachtungen anzuregen. Ich selber wurde wiederholt angeregt durch persönliche Aussprachen über merkwürdige Erscheinungen an den Karrenfeldern mit den Herren Professoren Dr. Fr. Ratzel und Dr. H. Credner. Sie beide haben nachhaltigen Einfluß auf vorliegende Studien gewonnen, und ihnen sei hier mein wärmster Dank dargebracht, wie auch Herrn Dr. Otto Schramm, der mir die chemischen Analysen ausführte, und Herrn Landesgeologen Dr. Gäbert, der mir bei den mikroskopisch petrographischen Untersuchungen treu zur Seite stand.

Die vergleichende Betrachtung der Erscheinungen auf der Erdoberfläche hat viele Kategorien aufzustellen gewußt, unter diesen wieder besondere Formentypen. Zu solchen Formentypen gehören die Karren unserer Kalkgebirge. Zwei volle Jahrhunderte haben sich damit beschäftigt, ihre Stellung, die Ursache und Wirkung ihrer Formengebung klarzulegen. Wenn schon manche kleinere, mustergültige morphologische Arbeit, die nicht bloß chorographisch, sondern vor allem chorologisch das ganze Phänomen behandelt, vorhanden ist, so läuft doch jede auf Einseitigkeit hinaus, und darin ist der Grund gegeben, daß bis jetzt noch keine Einigung in der Ansicht über die Entstehung der Karren vorliegt. Ja, ein Beobachter kann selbst im Laufe der Zeit verschiedener Ansicht sein (Simony u. a.).

Der innere Bau der Erdrinde und die Einwirkung der Atmosphäre auf sie sind die großen Faktoren, die das Antlitz der Erde formen. Zu ihnen gesellen sich die Wirkungen des organischen Lebens. Gewiß sind diese Faktoren schon tüchtig studiert worden; da aber in manchen Hauptfragen die Ansichten gar oft auseinandergehen, ist es am Platze, eine Einzelerscheinung möglichst vollständig und möglichst tief zu durchforschen, um einen Baustein zur Lösung der großen Grundfragen, mit denen sich die physikalische Geographie der Alpen beschäftigt, zu liefern. In den Karrengebilden ist der Detailforschung ein weites Feld geöffnet, und das genaue Studium dieser Erscheinungen wirft interessante Lichtstrahlen auf die Erosions-

tätigkeit des Wassers, der mechanischen Verwitterungsvorgänge, der Säuren des atmosphärischen Wassers, aber auch der Säuren, die im Humusboden wirken, deren Ursprung den absterbenden Pflanzenresten zuzuerkennen ist. Das geheimnisvolle Zusammenwirken vieler Kräfte, die tausendfach vereint in ungemessenen Zeiträumen das so oft bewunderte Karrenfeld zu stande bringen, gibt sich bei aufmerksamer Beobachtung dieser rätselhaften Steinwüste durch ein ahnungsvolles Gefühl kund, welches uns zuflüstert, dass hier durchaus nicht unbewegliche Starrheit und totes Gestein vorhanden sind, sondern still wirkendes Kleinleben, das im Laufe der Zeit große Erscheinungen zur Folge hat.

Während ich erst von dem leitenden Gedanken ausging, diesen Erscheinungen und Wahrnehmungen in allen möglichen Karrenfeldern nachzuspüren, war ich bald von diesem Gedanken abgekommen und hatte·mir die Aufgabe gestellt, ein eng begrenztes Gebiet besonders eingehend und vielseitig zu durchforschen, um so die sichersten Vergleichungspunkte mit gleichen und ähnlichen Oberflächenerscheinungen zu gewinnen. Dies spezielle Beobachtungsgebiet hatte ich gefunden in dem Karrenfeld des Gottesackerplateaus in der Gebirgsgruppe des Hohen Ifen im Allgäu an der Grenze des Bregenzer Waldes. Gümbel nannte schon vor einem halben Säkulum dies Schrattenfeld »das großartigste bis zum fernen Osten«. Freilich gibt es viel größere Karrenterrains in den Ostalpen, so auf dem Steinernen Meere, im Dachsteinmassiv, im Toten Gebirge und im Tennengebirge; aber der Vorzug des Gottesackerplateaus gegenüber diesen besteht darin, dass es orographisch viel abgeschlossener ist, auf kürzerer Erstreckung größeren Formenreichtum und Formenwechsel besitzt und in dem Landschaftsbilde seiner Umgebung eine völlig dominierende Stellung inne hat. An der Hand dieses einen Beispiels und im Vergleich mit verwandten Vorkommnissen anderer Gebiete bringt nun vorliegende Publikation textlich, illustrativ und kartographisch den Abschluß langjähriger Karrenstudien.

Am Schlusse dieses Vorwortes sei auch dem verehrten Zentralauschuß des D. u. Ö. Alpenvereins, der bereitwilligst Verlag und Kosten vorliegender Abhandlung übernommen hat, mein besonderer Dank ausgesprochen.

LEIPZIG, im Juli 1902.

MAX ECKERT.

I. Teil.

Das Gottesackerplateau ein Karrenfeld.

Im weiten Bogen begleiten und begrenzen die nördlichen Kalkalpen das Zentralalpengebiet. So einheitlich dieser Bogen nach seinen allgemeinen Zügen ist, so individualisiert heben sich die einzelnen Gebirgsstöcke, Ketten, Massivs, Riffe und all die orographischen Einheiten, wie sie im geologischen und morphologischen Aufbau der Kalksteine bedingt sind, voneinander ab. Die Allgäuer Alpengruppe ist einer der am schärfsten ausgeschnittenen Hochgebirgsteile des nördlichen Kalkalpenzuges, stark zerteilt und durchfurcht von tiefen Tälern. Der Höhenunterschied zwischen Berggipfel und Talsohle, die hier nicht selten 1500—1600 *m* erreicht, hebt die Schärfe des Reliefs des Gebirges noch deutlicher hervor.[1]) Zu dieser Gebirgsscenerie tragen nur wenig die kleinen Wasserbecken bei, wie der Seealpsee, 1625 *m*, Erzgundersee, 1851 *m*, Christlessee, 970 *m*, Freibergersee, 939 *m*, Rappenalpsee 1860 *m*, und Vilsalpsee, 1128 *m*. Auch Gletscher haben keinen Einfluß auf das Landschaftsbild, denn die beiden echten Gletscher an der Mädelegabel und am Hochvogel gewinnen keine große Entwicklung. Auf das Gestein allein und auf die aus ihm resultierende Form ist die Landschaftsphysiognomie angewiesen. Infolge der verschiedenst wirkenden Kräfte hat sich im Laufe der Zeit eine Formenindividualisierung ausgeprägt, wie sie uns in anderen Alpengebieten nur selten wieder begegnet. Darum auch das leichte Aufnehmen dieser Formen in unser Gedächtnis. Eine Anzahl Formen sind so charakteristisch, daß sie selbst bei einmaligem Anschauen nie wieder vergessen werden können. Ich erinnere nur an den Hochvogel, 2594 *m*, dessen »edle Pyramide seit alters für nah und fern die bekannteste Allgäuer Berggestalt ist«;[2]) die Trettachspitze, 2585 *m*, ist »weithin als das Allgäuer Matterhorn bekannt«;[3]) von der Mädelegabel, 2643 *m*, sagt O. Sendtner: »Das ist die Jungfrau des Allgäu, deren Felsenantlitz von 8105 Par. F. unbegrenzt in die schattige Tiefe schaut.«[4])

Diese scharf geschnittenen, kahlen Dolomitberge werden im Norden von den langgestreckten, milder geformten, wald-, kräuter- und weidereichen Flyschbergen begleitet. Indem sich solche Flyschberge in die Dolomitzacken hineinschieben, wie z. B. Söllereck, 1605 *m*, Schlappolt, 1980 *m*, und Fellhorn, 2033 *m*, erhöhen sie den Kontrast des gesamten Landschaftsbildes und mildern zugleich die Härte jener Türme und Zinken. Das sind die Berge der inneren Flyschzone, die sich von der Schweiz über den Rhein durch den Bregenzer Wald hinziehen, die die Iller überschreiten und sich östlich von dem Grüntenstocke, 1741 *m*, mit den äußeren Flyschbergen

---

[1]) Zur Orographie der Allgäuer Alpen vergl. A. Waltenberger: Orographie der Allgäuer Alpen. 2. Auflage. 1881. Augsburg. Allgäuer Alpen im II. Bd. der geologischen Beschreibung von Bayern von W. v. Gümbel. Cassel 1894, S. 79—120. Ausserdem vergl. man die prächtige Schilderung der Allgäuer Alpen von Anton Spiehler im I. Bd. von E. Richter: Die Erschließung der Ostalpen. Berlin 1893, S. 38—95.

[2]) E. Richter: Die Erschließung der Ostalpen. I. Bd., S. 86.

[3]) Derselbe, S. 60.

[4]) O. Sendtner in: E. Richter: Die Erschließung der Ostalpen. I. Bd, S. 56.

vereinen, die auch aus der Schweiz kommen und durch den nördlichen Bregenzer Wald nach Bayern übersetzen. Diese beiden Flyschzonen umrahmen ein älteres Kreidegebiet, das ebenfalls aus der Schweiz (Säntis) herüberstreicht und trotz seiner östlichen sich gut markierenden Abgrenzung durch die Iller nochmals in dem Grüntenstocke als weit abgesondertes Vorgebirge auftritt. Das cretacëische System, das sich im großen Bogen von Südwesten nach Nordosten dahinzieht, erhält an dem bei Bludenz vorgeschobenen Urgebirgsstock seine größte Umbiegung. Sein Aufbau geschieht in großen gewölbeartigen Schichten. Der Gewölbebau dehnt sich im Allgäuer Gebiet mehr nach der Breite aus, kommt der Längenausdehnung, die allein in dem Vorarlbergischen Gebiet herrscht, fast gleich und erscheint infolgedessen mehr als Kreuzgewölbe.

Weil der Schichtenbau im Allgäu mit kreuzgewölbeartigen Formen abschließt, tritt eine plattenförmige Ausbreitung der Schichten mehr hervor, während sich die amphitheaterähnlich vertieften Kare verlieren. Nur ein Kar[1]) dringt in den östlichen Teil hinein, wie es in seiner Großartigkeit in unserer ganzen Zone nicht wieder angetroffen wird, das ist der »schauerliche Ifentobel« (vergl. nebenstehende Karte: Ifen-Gruppe). Das Gewölbe ist hier aufgebrochen, zersprengt und zerstört worden, die schüttigen, an der Nordostseite am Hohen Ifen fast 600 *m* senkrecht emporsteigenden Wände bilden den Tal-, den Karabschluß.

Im Hohen Ifenstock selbst gewinnen die cretacëischen und subcretacëischen Gesteine ihre größte Entfaltung. Besonders bemerkbar machen sich die weißen Caprotinen- und Orbitulinenkalke. Diese sind auf weichere Neocomschichten aufgesetzt. Fetzenweise sind die Oolithbildungen und Foraminiferenbänke mit Galtgrünsandstein bedeckt. Der Fuß des Gebirgsstockes wird von Inoceramen- (Seewen-) Kalk und Inoceramen- (Seewen-) Mergel umrahmt, doch macht sich die Ausbildung dieser Kalke und Mergel auch auf höheren Stufen bemerkbar.

Das Eigentümliche all dieser Gesteine besteht in dem raschen und vielfachen Wechsel von sehr festen, der Verwitterung weniger zugänglichen und weichen, leicht zerstörbaren Schichten; im Verein mit den gewölbeartigen Bildungen und den Zusammenbrüchen wird dann diesem Alpengebiet jene Eigenart gegeben, die so auffällig zur ganzen Umgebung kontrastiert. Weniger Grate und Ketten als vielmehr Wände und Zinnen, die dem Unterbaue riffartig aufgesetzt sind, treten in das Gesichtsfeld des Beobachters. Hier gewölbeartige, kuppenförmige Berge, da sanfte Mulden, hier terrassenförmig aufsteigende, hintereinander gelagerte, parallel verlaufende Riesenmauern (Nordabfall des Hohen Ifen, 2230,6 *m*, Obere Gottesackerwände, 2036 *m*, Untere Gottesackerwände, 1856,7 *m*, Gatterkopf, 1660 *m*, Kackenköpfe, 1561 *m*, Engenkopf, 1285 *m*), da zu tiefen, düsteren Schluchten sich verengende, einzwängende Täler (Zwingsteg bei der Walserschanze und Starzlachschlucht im Nordosten der Kackenköpfe). Vergl. die Bilder 1, Taf. I; 6, Taf. III; 28, 29, Taf. XIV.

Der Hohe Ifen gehört vorzugsweise zu den Bergen, deren Form schon beim ersten Anblick nicht mehr aus dem Gedächtnis verwischt werden kann. Seine

---

[1]) Waltenberger nennt das gesamte Gottesackerplateau »Kar«. Er hat diesen Ausdruck zu weit gefaßt, wie man überhaupt dieser weiteren Auffassung in alpinen Aufsätzen noch oft begegnet, so z. B. in Hermann von Barth: Aus den Nördlichen Kalkalpen. Unter »Kar« ist aber nur eine muldenförmige Erweiterung eines Erosionstales zu verstehen, wo sich die einzelnen Quellarme zu dem Bache vereinigen (Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig 1896, S. 383). Oder geben wir die Definition von Kar noch einfacher, so wie sie Fr. Simony bereits im Jahre 1846 gegeben hat: »Kar heißt in den Alpen jede größere Kessel- oder muldenförmige Vertiefung des höheren Gebirgsterrains.« (Fr. Simony, Über die Spuren der vorgeschichtlichen Eiszeit im Salzkammergute, S. 215 ff. — Zitat S. 216 — in W. Haidinger: Berichte über die Mitteilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien. Wien 1847.)


Ifen-Gruppe
Maßstab 1:50000.
Nach den bayerischen und österreichischen Originalaufnahmen (1:25000) und nach eigenen Aufnahmen gezeichnet u. entworfen v. Dr. Max Eckert.
Landesgrenze
Grenze des in der Hauptkarte dargestellten Gebietes
Wasserscheide
Hirschgunder Thal
Rohrmooser Thal
Am Mooser Hag
Gatterschwang-A.
Hörnle
Schrine
Im hintern Gatter
Gatter Tobel
Kessler Wand
Restlesgund-A.
Untere Gottesacker Wände
Forstunterkunfts-Hütte
See-A. (verfallen)
Mahdthal-A.
Höll-Loch
Mittel-Eck
Hoch-A.
Ob. Hirschgund-A.
Lohmoos-A.
Hirsch-Eck
Hochrubach
Obere Gottesacker Wände
Grafen Küren A.
Gottesacker A.
Am hohen Döllen
Gottesacker Loch
Gottesackerplateau
Schafalpen
Ifen-Platte
Kesselöcher
Küren-Wald
Hahnenkopf
Tiefer Ifen Tobel
Pellingerköpfl
Hoher Ifen
Auen-A.
Schwarzwasserbach Thl.
Schönebach Thal
Melch Öde

höchste Kuppe tritt bereits in unseren Gesichtskreis auf der Fahrt von Immenstadt nach Oberstdorf, wo er auf der Bahnstrecke zwischen Fischen und Langenwang am südwestlichen Horizont emporsteigt. In Oberstdorf selbst und dessen nächster Umgebung ist er den Blicken entrückt. In seiner vollen Majestät zeigt er sich beim Eintritt in das Mittelbergertal,[1]) nachdem man die Walserschanze, 991 *m*, passiert hat und sich Riezlern, 1088 *m*, nähert. Freier und schöner wird der Anblick der gesamten Ifengruppe von der Riezlernalpe, 1541 *m*, aus und vom Fellhorn, 2039 *m*. Der Gipfel des Hohen Ifen selbst bildet eine nach Süden geneigte Hochfläche, deren Nordrand, nach Ostsüdost verlaufend, sich bei einer Erstreckung von 1³/₄ *km* von 2230,6 *m* auf 1911 *m* senkt und deren Ostteil in mächtige Blockmassen (Bärenkopf) aufgelöst ist (vergl. Bild 26, Taf. XIII). Eine Strecke der Nord- und Westseite stürzt direkt nach dem Tiefen Ifentobel ab. Der zackige Südrand bricht teilweise in schroffen Wänden ab, teilweise verliert er sich langsam in die Schutt- und Geröllmassen, die fast bis zur Melch-Öde, 1353 *m*, herabziehen. Der obere Teil der Hochfläche des Hohen Ifen hat eine durchschnittliche Neigung von 18—20°, der untere 25—30°. Die Hochfläche an sich ist ein in Karrenblöcken und Karrensteinen aufgelöstes Karrenfeld, das von wenigen großen Bruchspalten in nordwestlicher Richtung zergliedert wird.

Schrattenkalk mit darüber lagerndem, auch Schratten bildendem Orbitulinenkalk bauen den Ifengipfel auf. Der Schrattenkalk bildet auch das Hauptgestein der großartigen Felswüste, die den Hohen Ifen mit den Oberen Gottesackerwänden verbindet; darauf wieder der Orbitulinenkalk. Beide Kalksteine sind charakteristisch für das Gottesackerplateau. Hie und da stößt man auf Galtgrünsandstein (Albien), auf unserer Hauptkarte innerhalb der Gebiete A, B, C, D I, II, III, G I, A, E, F IX. In der Nordost-, Nordwest- und Südwestecke drängen sich die Neocomgebilde hervor; ganz selten begegnet man kleinen Strecken von Seewenkalk und Seewenmergel.

Das Gottesackerplateau[2]), das sich vom Walsertal als ein mächtiges Gewölbe repräsentiert (Fig. 1), nimmt einen Flächenraum von nahezu 5 *km*² ein. Der von mir kartographisch festgehaltene Teil, das Zentrum des Plateaus, beträgt rund 2¹/₂ *km*² (2 553 495 *qm*). Im Norden wie Süden ist das Plateau scharf abgegrenzt, dort durch das Gottesackerloch und die Einbruchszone im Westen von der Gottesackeralp, hier durch die eingebrochene Gewölbedecke, am Nordostabfall des

---

[1]) Auch »Kleines Walsertal« genannt; der richtige historische Name ist: »Der Mittelberg«, vergl. »Der Mittelberg«, Geschichte, Landes- und Volkskunde des ehemaligen gleichnamigen Gerichtes. Von Pfarrer J. Fink und Dr. H. v. Klenze. Mittelberg 1891. Verlag des Ortsvereins Mittelberg.

[2]) Das »Gottesackerplateau« oder »Gottesackerplattert« oder kurz »Gottesacker«, wie dies Gebiet von den Einheimischen genannt wird, trägt auch den Namen »Ifenplateau«, unter Umständen wird es gleich mit zu den Oberen Gottesackerwänden gerechnet, wie man aus dem Gümbelschen Profil S. 108 des II. Bandes der Geologie von Bayern (1894) schliessen kann. Die Ausdrücke Ifen- oder Iferplateau finden sich bei Waltenberger in Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V. 1877, bei Gümbel und auf der Karte der Ostalpen von Ravenstein, 1 : 250000. Waltenberger hat aber später den Namen »Gottesackerplateau« vorgezogen; vergl. seine hypsometrische Karte der Allgäuer Alpen in der Orographie der Allgäuer Alpen (Augsburg). Auch Fink und Klenze, die intimsten Kenner unseres Gebietes, sprechen in ihrem »Mittelberg« nur vom »Gottesackerplateau«, welche Bezeichnung also auch dem Sprachgebrauch des Volkes entspricht. Daß man das Ganze »Ifenplateau« nannte, rührt vielleicht daher, daß der Ausdruck »Ifenplatte«, mit dem vom Volke nur die Südwestecke des Gottesackerplateaus bezeichnet wird, von den einzelnen Forschern auf das ganze Gebiet als »Ifenplateau« übertragen wurde. Mit »Ifenplateau« könnte man aber recht gut die bestimmt abgegrenzte, nach Süden sich neigende, ¹/₂ *km*² große Gipfelfläche des Hohen Ifen bezeichnen.

Ifengipfels. Nach Osten zu verliert sich das Plateau bei den unteren Schafalpen im Kürenwald und nach Westen zu in das Hochrubachalpengebiet. Auch in größerer Nähe, sobald es dem beobachtenden Blicke nur erlaubt ist, einen umfassenderen Teil des Plattert zu umspannen, bekundet sich der gewölbeförmige Aufbau (Taf. I, 1, 2), der wohl nach der Mitte als seinem Gipfel zustrebt, aber doch im Südosten seine höchsten Erhebungen hat, die nicht unter die Isohypse von 2000 *m* tauchen (dritte Spitzeck, 2084 *m*, Bild 7, Tafel IV, Hahnenkopf, 2144 *m*). Das eigentliche Plateau hat eine mittlere Erhebung von 1935 *m*. Seinen Karrenfeldcharakter bewahrt das gesamte Plattert nach dem Laublisbach und den Hochrubachalpen bis 1650 *m* im Westen und nordöstlich und östlich auf der Abdachung nach dem Schwarzwassertal bis 1550 *m*.

Das Gottesackerplateau, das den Eindruck eines in höchster Erregtheit und Aufwühlung plötzlich erstarrten Meeres erweckt, zeigt nicht durchgängig gleichen Formencharakter (wir sehen dabei noch von den eigentlichen Karrenformen ab). Ähnlich sind sich der Nordwest- und der Südostzipfel. Tal- und schluchtähnliche Gebilde herrschen hier vor, die in der Breite von wenigen Metern bis 70 und selbst 100 *m* schwanken. Die zwischen ihnen befindlichen Gipfel steigen bis zur relativen Höhe von 10, 20—60 und 80 *m* empor (B. 4, Taf. II; B. 5, Taf. III; B. 16,

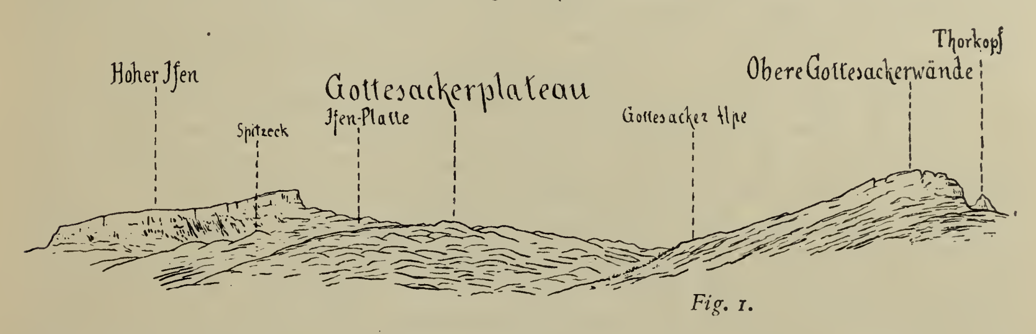


Fig. 1.

Taf. VIII). Im Nordosten dominiert das Schluchtensystem des Gottesackerloches (B. 17, 18, Tafel IX). Der Südwesten ist augenscheinlich in der Ifenplatte (auch Ifenplatzl) etwas ruhiger gestaltet (B. 6, Taf. III; B. 8, Taf. IV; B. 12, Taf. VI). Vergl. hierzu auch die Karte.[1])

Öder und zerrissener ist das Westgebiet, vegetationsreicher und zerlöcherter der Ostteil. Ein eigentümlicher romantischer Hauch liegt über der Grenzregion nach dem Kürenwald. Da drängt sich die üppigste Vegetation in die Karrenrisse und Karrenbrunnen, vielfach überwuchert sie das Gestein ganz. Es erweckt den Eindruck, als stünden wir in den Brunnentrümmern und Turmresten alter Zwingburgen. Gemahnt die Durchquerung des oberen Gottesackers schon an Vorsicht, so ist sie hier erst recht am Platze, denn trügerische Humus- und Pflanzenschichten verhüllen Schluchten und Löcher von 5—16 *m* Tiefe. Es werden sicher noch viel tiefere Löcher vorkommen; denn in buntem Wirrwarr reiht sich ein Schluchtensystem an das andere (B. 21, Taf. XI). Kein rinnendes Wasser kann eine Talfurche von nur 20—30 *m* Länge gewinnen, alles versickert und versinkt in die Tiefe. Darum ist die Möglichkeit selbst einer geringsten Flußentwicklung ausgeschlossen, welche Möglichkeit man aber nach der Waltenbergerschen Übersichtskarte[2]) anzunehmen versucht ist.

---

[1]) Der Ausdruck »Karte« weist stets auf die Hauptkarte »Das Gottesackerplateau« hin; ist die Übersichtskarte »Ifen-Gruppe« gemeint, so ist die Seitenzahl 3 beigefügt.

[2]) A. Waltenberger, Die Gebirgsgruppe des Hohen Ifen. 1 : 75 000, Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1877.

Bei der Durchquerung des Plattert von der Gottesackeralpe bis zum Hohen Ifen (die leichteste und kürzeste Durchquerung $2^1/_2$—3 Stunden) lassen sich unschwer drei große Talungen erkennen, die erste von B IV (Karte) nach C V, die zweite von C III nach D IV und E V, die dritte von E III nach F IV. Die dritte Talung ist die ausgedehnteste, in ihr nimmt die Ifenplatte ihren Anfang mit 1930 *m* Höhe, um allmählich nach Südwest bis zu einer durchschnittlichen Höhe von 2050 *m* emporzusteigen und im Tiefen Ifentobel (oder wie der Einheimische kurz sagt: Tiefen Ifen) jäh abzustürzen. Nach Süden erhebt sich die Ifenplatte ebenfalls allmählich bis zu einer Durchschnittshöhe von 2000 *m* (B. 7, Tafel IV).

Die Talungen werden durchbrochen und umsäumt von zahlreichen größeren Gipfeln und Hügeln (Bühel) und kleineren gewölbartigen Erhebungen, wie es die Photographien auf Tafel I recht gut erkennen lassen. Ein ganz erheblicher Ortssinn und wiederholte touristische Übung gehören dazu, sich in diesem augenscheinlichen Labyrinth von Berg- und Talsystemen zurechtzufinden. Darum erscheint es selbstverständlich, daß man keine spezielleren Bezeichnungen von diesen Kuppen und Hügeln bei der umwohnenden Bevölkerung vorfindet. Nur Hirten und Jäger, die von Jugend an mit dem Gottesackerplateau vertraut sind, wenden für wenige sich auszeichnende Gruppen besondere Namen an; so nennen sie die drei im Süden des Plattert sich hinziehenden Erhebungen »Vordere, Mittlere und Dritte Spitzeck«. Mit Hilfe dieser Leute gelang es, etwas Leben in die öden Steinmassen hineinzubringen, d. h. Bezeichnungen anzuwenden, die für das so benannte Gebiet charakteristisch sind.

Mit den »Oberen und Unteren Schafalpen« wird die zentrale Abdachung nach Osten bezeichnet. Die »Ifenplatte« kennen wir bereits. Im Nordwestteil meiner Karte findet sich die Bezeichnung »Hochrubachalpen«, obwohl hier noch jede Alpwirtschaft ausgeschlossen ist. Das Gebiet der »Gottesackeralpe« sehen wir zum Teil in A V und VI (Karte). Die die Oberen Gottesackerwände von dem Plattert trennende Talung ist hier zu einem kleinen ebenen Terrain ausgeweitet (B. 20, Tafel X). Von ihr schreibt Gümbel 1861: »Die Gottesackeralpe, welche sich in diesem schauerlichen Felsmeere mit den wenigen, dürftigen, zwischen dem Gesteine sprossenden Grashalmen begnügen muß, bezeichnet durch ihren Namen die abschreckende Öde dieses Karrenfeldes.«[1]) Orographische Verhältnisse widerspiegelnde Namen sind Ausdrücke wie »Kessellöcher« (Karte G VIII, IX), »Gottesackerloch« (A VI, VII, VIII), »am Loch« (A I, II). In die Kessellöcher gelangt man am besten von der Ifenalpe (1592 *m*) aus, oberhalb der Auen Alphäuser (1340 *m*). Man verfolgt einen ziemlich gut angelegten Viehweg nach Norden, der sich in die Schafalpen hinein verliert; bevor er in den Spalten und Karrenblöcken verschwimmt, bemerkt man deutlich links den Eingang in die Kessellöcher, zunächst in die Unteren und dann in die Oberen Kessellöcher (B. 3, 4, Tafel II, B 5, Tafel III; Karte G VIII, IX). Im Nordwesten, an der Grenze des Hochrubach-Alpgebietes befindet sich das von Westen nach Osten durch das Gestein sich horizontal ziehende Loch, durch das man bequem kriechen kann (B. 14, Tafel VII; Karte A I). Die gesamte Einbruchspalte macht den Eindruck, als sei hier ein großes vertikales Loch nach dem anderen in zusammenhängender Reihe eingebrochen (B. 15, 16, Tafel VIII; Karte A I, II). Das Gottesackerloch ist offenbar die großartigste Einsturz- und Dislokationsregion unseres durch die Karte begrenzten Gebietes (B. 17, 18, Tafel IX; B. 19, Tafel X; Karte A VI, VII, VIII, IX, B VII, VIII, IX).

---

[1]) C. W. Gümbel, Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes, Gotha 1861, S. 541; und auf S. 108 im II. Bd. seiner geologischen Beschreibung von Bayern (Cassel 1894) spricht er von der schauerlichen Öde des riesigen Felsenmeeres dieses Karrenterrains, das »die wohl von der Friedhofeinsamkeit ihren Namen mit vollem Rechte tragende Gottesackeralpe« beherbergt.

Mit einer Bezeichnung konnte ich nicht recht ins Klare kommen: »Am Hohen Döllen«. Das österreichische Meßtischblatt 1 : 25 000 und die österreichische Generalkarte 1 : 75 000 lassen diesen Namen vermissen, nicht aber die Übersichtskarte 1 : 75 000 von Waltenberger in der A.-V.-Zeitschrift, dann Blatt 95 aus dem topographischen Atlas von Bayern 1 : 50 000 und Blatt 893 der Positionskarte von Bayern 1 : 25 000. Nach den beiden ersten für die Namengebung »Am Hohen Döllen« zu berücksichtigenden Karten müßte diese Bezeichnung auf die Hügelgruppe D VI und E V, VI unserer Karte passen; nach dem Positionsblatt aber ist sie auf die in B V, VI und C VI gesetzt. Meinem Gefühle und meinen orographischen Untersuchungen nach würde ich die erste Gruppe damit bezeichnen, habe aber trotzdem die letztere so genannt, weil das Gottesackerplattert erst vor wenigen Jahren von den Königlichen Bayerischen Topographen eingehender vermessen worden ist. Trotz vieler Umfragen konnte ich bei Hirten und Forstleuten nichts Genaueres über den fraglichen Namen in Erfahrung bringen.

Nach diesen mehr allgemein orographischen Untersuchungen lenken wir unsere Aufmerksamkeit auf die speziellen Karrenfeld- und Karrenformen. Ich teile zunächst nur meine einfachen Beobachtungen mit, ohne mich in Spekulationen über die Entstehung dieser Formen einzulassen; das bleibt einem besonderen und letzten Teil dieser Abhandlung vorbehalten.

Der Alpentourist, der mein Beobachtungsgebiet oder ähnliche Gebiete, z. B. wie das Steinerne Meer, Regionen des Dachsteinmassivs, des Tennengebirges, des Totengebirges oder das »Karrenfeld« und die Silbern im Linthtale der Schweiz schon einmal beschritten hat, kennt diesen Wechsel zwischen den scheinbar willkürlich gestalteten Kalkblöcken und dem weichen, humosen Boden, er kennt auch die Gefahr, die ein solch eigentümlich gestaltetes Felsterrain für ihn hat. Kaum ist er mit größter Vorsicht auf einer Kalkplatte vorwärts gegangen, so hindert plötzlich ein breiter Schlund das Vorwärtsdringen. Die Kluft ist zu breit, um übersprungen werden zu können, zu tief, als daß man in sie hinabzuklettern vermöchte. Wir sind gezwungen, oft einen halbstündigen Umweg zu machen. Bald sind wir genötigt, wieder in eine schmale Felsspalte hinabzuklettern, bald balancieren wir auf Felsgraten weiter und gehen behutsam über leichtgewellte Flächen, wo nägelbeschlagene Schuhe nur schwer sicheren Halt finden. Wer den Versuch macht, irgend ein größeres Karrenfeld auch einmal in einer nicht durch das Reisehandbuch vorgeschriebenen Richtung zu durchqueren, kann sich eine richtige Vorstellung von dem überwältigenden Eindruck machen, den eine solche gigantische Entfaltung der Natur selbst auf den nüchternsten Menschen auszuüben im stande ist. Wer sie einmal kennen gelernt hat, kann sie nimmer vergessen, diese wilden Karrenfelder mit ihren zerrissenen Steinflächen, zwischen denen Spitzen, Hörner und Zacken aufragen, die von fern wie ein hochwogendes Meer anzuschauen sind, in der Nähe sich indes in zahllose Klüfte und Tausende von kleinen Zacken und messerscharfen Schneiden und in zerbröckelte Felsblöcke, die allenthalben herumliegen, auflösen. (Vergl. zu diesen und folgenden Schilderungen sämtliche beigegebenen Tafeln.)

Sehen wir uns die Formen näher an. Vor allem fallen dem Beobachter eines Karrenfeldes zuerst die Zacken, Schärfen und Grate ins Auge, zwischen denen sich Furchen von verschiedener Tiefe hinziehen. Recht anschaulich schildert Waltenberger diese Gebilde mit folgenden Worten in seinem Aufsatz über die Ifengruppe: »Und welch wunderliche Gebilde erblickt das Auge! Hier ragen Dutzende in die feinsten Spitzen auslaufende Steindolche, daneben erblicken wir Messer und Beile, Hellebarden und schneidige Waffen, seltsam geformt wie uraltes Rüstzeug aus längst vergangener Zeit, dort starren Tausende von zernagten und zerfressenen Zacken durch

enge, gewundene Schründe voneinander getrennt und hellklingend beim Anstoße des eisenbeschlagenen Bergstockes.«[1]) Die Zacken verbreiten sich oft zu Firsten und Kanten, die auch schroff zur Höhe starren (B. 11, Taf. VI). Großenteils sind die Firste bündelweise nebeneinander gelagert. Die Vergesellschaftung der Formen, sei es Haupt- oder sei es Nebenform, ist ein charakteristisches Moment einer Karrenlandschaft (B. 11, 12, Taf. VI). Nicht selten beobachtet man, wie Reihen hintereinander stehender Firsten gleiche Höhen haben; dann kommt es wieder vor, daß sie in der Höhe sehr wechseln, zuweilen auch, daß zwischen breiten und großen Firsten schmale und kleine gelagert sind. Zwischen die Firste zwängen sich Furchen, Risse, Spalten, Runsen, Klüfte, Schründe, und wie man sonst die Spalten alle bezeichnen mag.

Viele von diesen Hauptspalten lassen sich Hunderte von Metern weit verfolgen. Wir brauchen keine einzelnen anzuführen; die Karte läßt sie deutlich erkennen. Überblickt man von irgend einer Erhöhung, von einem »Bühl« oder »Eck« aus das Karrenterrain, so ist man erstaunt, in dieser scheinbaren kapriziösen Unregelmäßigkeit eine gewisse Gesetzmäßigkeit zu entdecken. In der nächsten Nähe kann man mitunter keine Regelmäßigkeit in den Spalten wahrnehmen, wohl aber in der größeren Entfernung (B. 8, Taf. IV). Zuweilen ist's umgekehrt, und man erkennt in der nächsten Umgebung die Regelmäßigkeit besser (B. 9, Taf. V, B. 11, 12, Taf. VI).

Die Spalten, besonders die großen Bruchspalten, verlaufen in bestimmter Richtung. Auf dem Gottesackerplateau ist unschwer zu erkennen, daß die Risse von Südost nach Nordwest ziehen, genauer: von Ostsüdost nach Westnordwest. Die Furchen in dieser Richtung sind die Haupt- oder Grundspalten in dem Karrenterrain des Gottesackerplateaus. Die sich gewöhnlich weit hinziehenden Grundfurchen haben eine wechselvolle Tiefe und Breite.[2]) Die Tiefe schwankt von 1/2 *m* bis 20 und 22 *m*, die Breite von Millimeterbreite bis 3 *m*. Wenn wir unter diesen Grundspalten die talartig erweiterten Einbruchsspalten, wie sie sich in den Kessellöchern, im Gottesackerloch und an Stellen der Hochrubachalpen präsentieren (Karte F VII, VIII, G VIII, IX und A VI—IX, B VIII, IX und A I—IV, B II—IV), mit einrechnen, so kann die Breite 100 *m* erreichen. Auch kommt es vor, so in der Ifenplattenregion (Karte D IV, E III, IV, F II—IV, weiter in C VII, VIII und C III), daß die Spaltenwände so eng zusammenstoßen, daß man kaum mit einer Messerschneide durchfahren kann. Trotzdem verwischt sich die Spalte nicht. Solche Fälle sind allerdings selten und verlangen ein scharfes Auge. Ferner läßt sich beobachten, daß Hauptspalten in brunnenartigen Erweiterungen münden, so Spalten in D IX, die zwischen den Höhenlinien 1760 *m* und 1770 *m* enden, ebenso einige Spalten in F VI und VII, vorzüglich aber ausgeprägt an den Spalten im Ostverlauf der Ifenplatte. Diese großen Hauptspalten sind von einer unzähligen Menge kleinerer und paralleler Spalten begleitet. Die Breitenausdehnung der die einzelnen parallelen Spalten trennenden Flächen beträgt zuweilen wenige

---

[1]) A. Waltenberger: Die Gebirgsgruppe des Hohen Ifen. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1877, S. 15—44.

[2]) Es sind nach Hirzel die »Längentäler«, denn er sagt in seinen »Wanderungen in weniger besuchte Alpengegenden der Schweiz und ihrer nächsten Umgebung« (Zürich 1829; S. 122—128): Ob die Rinnen schmal oder breit, flach oder tief, lang oder kurz sind, parallel oder nicht nebeneinander herlaufend, das hängt ganz von der Beschaffenheit des Gesteins ab. Es entstehen gewissermaßen »Längentäler«, deren Seiten von der »Verwitterung und Auswaschung« wieder angegriffen werden, in deren dazwischen liegenden Rücken man bisweilen wieder Einschnitte beobachten kann, »so daß das ganze Felsenfeld einem großen Basrelief voll scharfer Gebirgsgrate und enger, tiefer, dazwischenliegender Täler nicht unähnlich sieht«.

Centimeter, meistens jedoch einen bis mehrere Decimeter; Breite 15—30 *cm* ist vorherrschend.

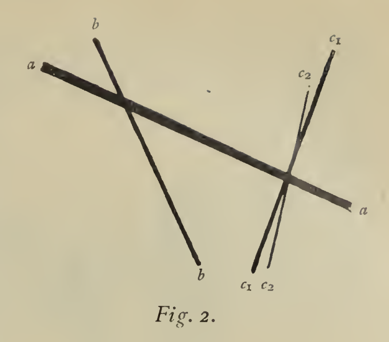


Fig. 2.

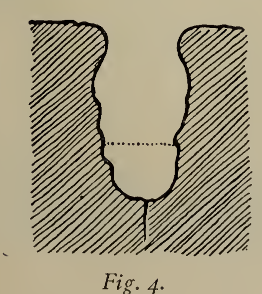
Die Regelmäßigkeit in der Furchenrichtung geht bei großer Verwitterung und durch Pflanzenbedeckung verloren. Am auffälligsten ist sie auf den ebenen Kalksteinkomplexen (B. 12, Taf. VI). Zwischen den einzelnen wellenförmigen Erhebungen befinden sich horizontal gelagerte Kalksteinschichten von der verschiedensten Ausdehnung nach Länge und Breite, 10 *qm* bis 2000 *qm*, an der Ifenplatte bis 10 000 *qm*; sie sind immer der Träger der bestentwickelten Furchen.

Neben den Hauptfurchen kommen Spalten anderer Richtungen zum Ausdruck. Wie die Karte erkennen läßt, verlaufen diese Risse entweder senkrecht zur Hauptspaltenrichtung oder schneiden diese unter einem bestimmten spitzen Winkel; vergl. Ifenplatte, dann C I—III, D I—III, E VII, F VI, VII und D VIII, IX. Zu diesem Spaltensystem gesellt sich noch ein drittes, das in nordsüdlicher Richtung sich entfaltet, in Bezug auf Spaltenlänge und Spaltenstärke indessen am schwächsten entwickelt ist. Auch diese Spalten sind wiederum auf der Ifenplatte am deutlichsten entwickelt (vergl. Fig. 2; *a* Hauptspaltenrichtung, *b*, *c1*, *c2* Querspaltenrichtung). Bei genauerem Hinsehen kann man hier noch einen anderen Typus von Querspalten wahrnehmen. Diese Risse sind nicht offen; sie durchsetzen das innere Gefüge des Kalksteins und sind mit jüngerem krystallinischen Kalkspat ausgefüllt. So hat der Kalkspat den zerborstenen Kalkstein wieder zusammengekittet. B. 12, Taf. VI bringt im Vordergrund solche ausgefüllte Spalten zum Ausdruck. (Vergl. auch B. 35, Taf. XVII.)



Fig. 3.

Die Querspalten sind in der Regel kleiner und schmäler; im übrigen haben sie eine ebenso wechselvolle Gestalt wie die Hauptspalten. Da wir für die Spaltenform eine Menge Bezeichnungen haben, so könnte man daran denken, mit »Spalten« die Hauptrisse, mit »Furchen« die Quer- oder Nebenrisse, mit »Rinnen« die Hohlformen an den Karrenwänden zu kennzeichnen; aber man muß doch zuletzt davon absehen, weil der Sprachgebrauch für solche Gebilde nicht feststehend ist, insofern mit Spalten,


Fig. 4.

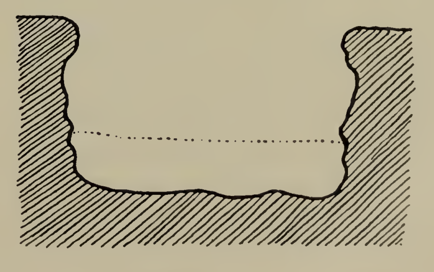

Fig. 5.



Fig. 6.

Furchen, Rissen, Schründen manchmal grosse Hohlformen manchmal auch kleine bezeichnet werden.

Eigentümlich sind die Ausbuchtungen an den Seitenwänden der Spalte. Sie können sich auf dem Avers und Revers einer Karrenplatte so vertiefen, daß sie ineinander übergehen und Löcher bilden, durch die die Spalten miteinander kommunizieren. Häufig geschieht dies auf dem Boden der Spalten.

Eng vergesellschaftet und zum Teil verwandt mit den Rissen sind die Löcher, besonders auf ebenen Kalksteinkomplexen (B. 7, Taf. IV und B. 12, Taf. VI) ausgebildet, seltener an Steilwänden (B. 3, Taf. II), bald kreisrund, meistens länglichrund, im Durchmesser 2 *mm* bis 20 und mehr *cm* haltend, nach der Tiefe sich 3 *mm* bis 80 und 100 *cm* und noch weit tiefer einbohrend (Fig. 3). Wie Holz von Insekten, so scheinen die Kalksteine von geheimnisvollen, riesigen Bohrwürmern angebohrt, zernagt und zerstört zu sein. Mitunter haben dann die Gesteine das Aussehen von riesigen »Steinwaben«. Die Löcher verlaufen im Sinne der Spaltungsrichtung (B. 12, Taf. VI). Das umfassendste Beobachtungsgebiet dieser Formen ist wiederum die Ifenplatte; auf der Karte in D IV, V und E IV, V.

Da diese Karrenlöcher meist eine elliptische Gestalt haben und die Metertiefe eine selten erreichte Tiefe ist, so bezeichne ich sie als Karrenschüsseln. Zuweilen sind sie mit Wasser gefüllt (Fig. 3 a), zumeist mit Humus und Wasser (Fig. 3 b), und nur in den heißesten Augusttagen fühlt sich die oberste Schicht dieser tiefschwarzen Humusfüllung trocken an. Im Anfangsstadium der Entwicklung sind die Schüsseln leer, wenn sie recht flach und mehr breit sind (Fig. 3 c). Der Schüsselrand, der in konvexer Krümmung von der horizontalen Gesteinsoberfläche zur Schüsseltiefe führt, geht allmählich in die konkav gekrümmte Schüsselwand über. Figur 4 zeigt die Karrenschüssel im vertikalen Querschnitt (im Sinne der kleinen Ellipsenachse) und Figur 5 im vertikalen Längsschnitt (im Sinne der grossen Ellipsenachse). Am Boden jeder Karrenschüssel bemerkt man in der Richtung der Längsachse der Ellipse Spalten, selten eine einzige größere, meistens mehrere kleinere, die als Haarspältchen kaum dem Federmesser gestatten, hindurchzufahren, die auch öfters kein Eindringen gestatten, da sie mit dem durch das Wasser ausgeschiedenen Kalk wieder ausgefüllt sind.

Verläuft der Schüsselboden in eine einzige große Spalte, die sich mehr oder minder tief in das Innere des Karrenberges fortsetzt, die selbst für die Konfiguration der Ovalöffnung bestimmend wirkt, und in der zugleich die Längsachse der Ellipse liegt (Fig. 6), so ist die Schüsselform über Gebühr nach der Tiefe verlängert, und ich bezeichne dann solche Formen nicht mehr als Karrenschüsseln, sondern als Karrenröhren.



Fig. 7.

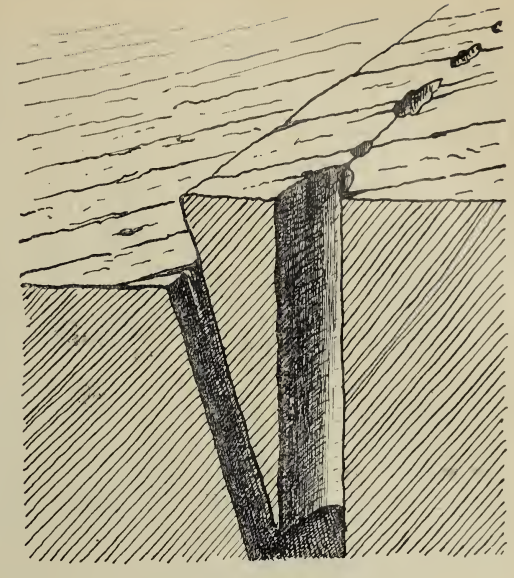


Fig. 8.

Nicht zu verwechseln mit den eben charakterisierten Gebilden sind die großen, Lochformen, die Karrenbrunnen, die bei größerer Erweiterung des Randes als Karrentrichter anzusprechen sind. Ihr Hauptverbreitungsgebiet zeigt die Karte in D VI—IX und F VI, VII. Der Durchmesser der Lochöffnung beträgt 1/2 bis 3 und 5 *m*. Die sich in der Weite eines Meters bewegenden Brunnen sind die häufigsten. Charakteristisch für diese Löcher ist, daß sie fast immer in gleichen Breitendimensionen von der Oberfläche nach der Tiefe ziehen. Kreisrund bis schwach elliptisch ist der horizontale Brunnendurchschnitt; der Rand ist nicht ganz, sondern ladet in vielen Auskerbungen und Bogen aus (Fig. 7). Spiralige Ausschürfungen, die sich von oben bis unten an den Brunnenwänden ausprägen könnten, kommen nicht vor, höchstens scheinbare Ansätze dazu auf kurzer Strecke.

Die Brunnen erreichen recht respektable Tiefen. In D VII der Karte maß ich den tiefsten Brunnen (nahe an D VI) zu 20,70 *m*. Tiefen von 10 und 12 *m* sind keine Seltenheit. Gewisses Aufsehen beansprucht die Reihe der Karrenbrunnen, die sich längs der Spalte D VIII, IX hinzieht. Hier ist eine Verwerfungsspalte; die Karrenbrunnen, die dieser Spalte nahe kommen, münden unter Umständen unten in die Bruchspalte (Fig. 8). Der Boden der Karrenbrunnen ist entweder mit Schnee oder mit Geröll und Humusboden bedeckt. Möglich ist es auch, daß sich diese mächtigen Hohlformen in andere Löcher und Spaltensysteme fortsetzen, die in das Innere des Gebirgsstockes führen. Daß solche Schächte im Kalkstein ganz enorme Tiefen erreichen können, beweist in der Ifengruppe das Hölloch im Mahdtal. Ohne Widerstand zu finden, reichte meine Meßschnur bis zu einer Tiefe von 70 *m*. Damit war aber nur der kleinste Teil dieses Naturschachtes gemessen; denn hinuntergeworfene Steine fielen nach dreimaligem Felsaufschlag innerhalb 12 bis 14 Sekunden in das Wasser eines größeren Hohlraumes. Das ergibt eine Tiefe von einigen Hunderten von Metern.



Fig. 9.

Wir müssen noch etliche interessante Beobachtungen zu den Karrenrissen mitteilen, die für unsere späterhin zu entwickelnde Theorie sehr wichtig sind. Eine an der Oberfläche als einzige Karrenspalte erscheinende Furche wird mitunter in der Tiefe in zwei oder mehrere Spalten zerlegt, und zwar durch ein oder mehrere aus der Tiefe hervorragende Kalksteinplatten (drei war die größte Anzahl, die ich in den Spalten des Gottesackerplateaus beobachtete). Diese Platten sind gewöhnlich sehr dünn, 1 *mm* Dicke ist oft vertreten, so daß man tatsächlich von Kalksteinblättern reden kann (Fig. 9; vgl. Karrensteinplatte auf Taf. XVII, B. 34 und 35 links). Sie erreichen Höhen von 1/2 *m* bis 1 *m*, ausnahmsweise auch solche von 1,50 *m*. Stößt man mit dem Bergstock an solche dünne Platten, so geben sie einen hellen Ton wie Klingstein; auch lassen sie sich sehr leicht abbrechen.

Die Firste zwischen den Furchen, in denen unter Umständen dünnwandige Karrenplatten emporragen können, verdienen kaum die Benennung »First«; denn sie bilden winzige Ebenen, kleine Plateaus, deren Rand nach der Spaltentiefe ein klein wenig abgerundet ist (vergl. Fig. 9, Karrenfelddurchschnitt Fig. 64, B. 12, Taf. VI).

Neben den bizarren Formen, die oft mehrere Meter emporstarren, ragen aus dem Humusboden auch Karren hervor, die abgerundete Firste haben und nur ausnahmsweise eine höchste Erhebung von $^1/_2\,m$ aufweisen. Sie sind bis jetzt neben den Karrensteinen immer noch das Rätselhafteste an dem Karrenphänomen gewesen; ihretwegen stoßen heute noch die Meinungen über die Karrenbildung aufeinander. In der ganzen Ausdehnung des Gottesackerplateaus kommen Karren mit runden Firsten neben solchen mit schroffen Firsten nur da vor, wo reiche Humusbildung in den Furchen zu beobachten ist; nach tieferen Regionen zu, wo der Humus immermehr Oberhand gewinnt, verschwinden die Schroffen mit scharfen Graten, bis endlich auch die mit runden Rücken vom Humusboden ganz bedeckt werden. Entblößt man Karrenfirste auf niederen oder höheren Stufen von der darüber lagernden Humus- und Pflanzendecke, so findet man sie ohne Ausnahme abgerundet.

Schwierig ist das photographische Festhalten des Nebeneinander-Vorkommens von scharfen und runden Firsten, da die letzteren immer die niedrigeren sind und von den bedeutend höheren schroffen Karren verdeckt werden. Die hierfür geeignetsten Beobachtungsstellen finden sich da, wo ein Karrenhügel, der mit Humus, Gras und Latschen bedeckt ist, in eine ebene Fläche des Plateaus übergeht. In den Talungen des Gottesackerplateaus, besonders in der Ifenplatte tritt besagter Typus zurück und macht den schroffen Formen Platz. Die Bilder auf Tafel VI, XII und XIV sind hierfür recht instruktiv; man versäume nicht, auf die Koten (Höhen) zu achten.

Neben den Firsten erheischen ein ebensolches Interesse die Böden der Risse, die die senkrechten Platten mit ihren Firsten voneinander trennen. Auf dem oberen Gottesackerplateau dokumentieren sie sich als Formen echter Gesteinsspalten, die sich nach der Tiefe verengen und zusammenlaufen. Runde Böden in den größeren Furchen und Spalten sind ganz selten; der scharfe Spaltenauslauf nach der Tiefe ist Regel. Ausgerundete Böden gehören niedrigeren Karrenformen an, d. h. Spalten, die keine bedeutende Tiefe erreichen. So treten sie innerhalb der schroffen Firstformen auf. Fast durchgängig fand ich diese Spaltenböden mit Humus und Moospolstern (die Böden fleckenweise, meist jedoch kontinuierlich bedeckend) angefüllt. Runde Böden sind aber bei den Karren mit runden Firsten Regel, also bei denjenigen auf niederen Terrainstufen.

Noch andere Formen nehmen unsere Aufmerksamkeit gefangen; es sind Formen, die die Natur im launenhaften Spiel geschaffen zu haben scheint, indem sie die bestehende Gesetzmäßigkeit der geradlinigen und ebenflächigen Gestaltung im Mineralreiche verlassen hat. Es sind die locker in den Karrenfeldern liegenden Karrensteine, Kalksteinfragmente mit dem Stempel einer scheinbar launenhaften, gewaltsamen Formengebung. Die Durchschnitte in den Figuren 10—24 und die Photographien solcher Karrensteine auf den Tafeln XVIII—XX geben einige der charakteristischen Formen wieder; die Zahlen innerhalb der Figuren weisen auf das Verhältnis zur wirklichen Größe hin.

Die größte Anzahl dieser Karrensteine habe ich der Sammlung des Königl. Geographischen Seminars der Universität Leipzig überwiesen.

Waltenberger schildert die Karrensteine in seiner gewohnten anschaulichen Weise (Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V. 1877): »Bildungen tauchen noch auf, die nicht

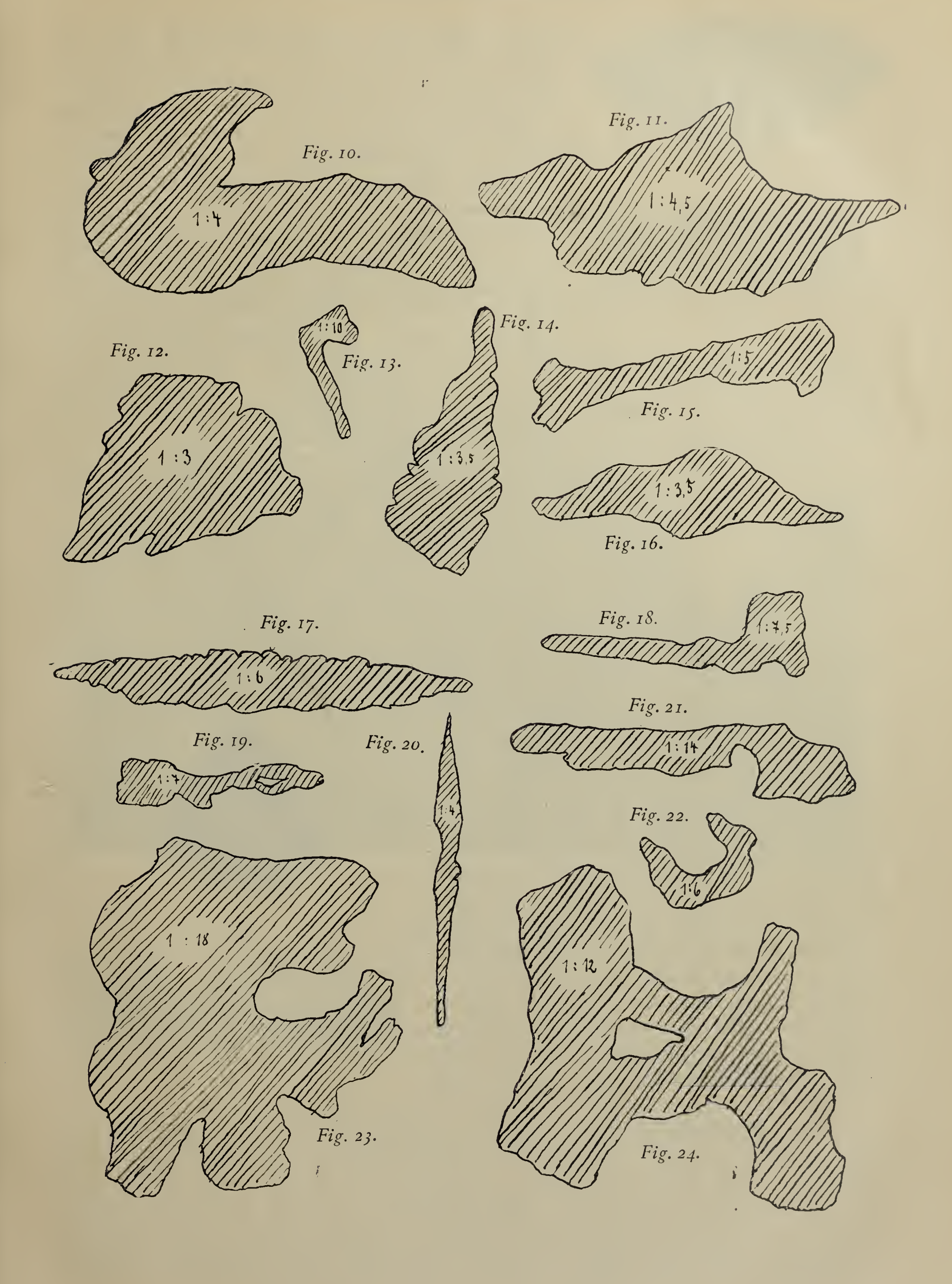


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21. Fig. 22. Fig. 23. Fig. 24.

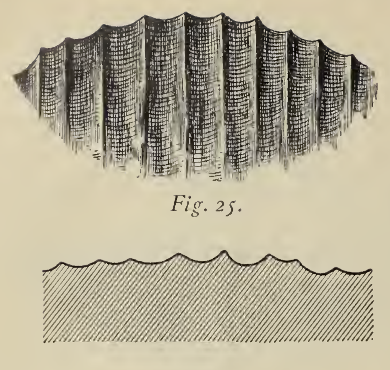

Fig. 25.

Fig. 26.

minder seltsam sind, als die Klüfte, Schneiden und Zähne, welche in so hohem Grade Staunen und Bewunderung herausfordern. Sind das Knochen und Wirbelstücke aus der Urzeit, Werkzeuge und Geräte aus dem Steinzeitalter? möchte hier wohl mancher ausrufen, der diese Bildungen zum ersten Male sieht. Wahrhaftig, die Ähnlichkeit mit Knochenresten riesiger vorweltlicher Tiere und primitiven Werkzeugen aus dem Jugendalter des Menschengeschlechtes ist nicht Hyperbel! Lange Felsrippen mit einer Reihe von Höckern und wundersam gerundeten knochenartigen Auswüchsen gleichen Rückenwirbeln von mächtigen Sauriern, fingerförmige Bildungen und zylindrische Steinstücke, welche hier in verschiedenen Größen und Gestalten umherliegen, den gebleichten Knochenresten untergegangener Tiere. Hier erhebt sich ein 3—4 Fuß hohes Steingebild, genau geformt wie ein Amboß, daneben liegt ein loser Stein, nein, ein rohgearbeiteter Steinschlägel mit steinernem Stiele.« [1])

Die Karrensteine variieren in der mannigfaltigsten Größe, natürlich auch im Gewicht. Sie treten entweder aufeinander zusammengehäuft auf den Böden von Karrentälern auf, oder sie ragen einzeln aus dem Humusboden hervor, oder liegen zerstreut in den Karrenspalten. Ersteres Auftreten illustrieren die Bilder 5, 6, Taf. III; 10, Taf. V; 13, 14, Taf. VII; 15, 16, Taf. VIII und 19, Taf. X (sie entsprechen auf der Karte den Stellen G VIII, IX; F VII; E VI; A I—III, VI—VIII; B II—III); das andere Auftreten die Bilder 4, Taf. II; 20, Taf. X; 22, Taf. XI; 26, Taf. XIII. Zerstreute Spuren zeigen auch die anderen Bilder. Das dritte Vorkommen ist über das ganze Gottesackerplateau zerstreut.

Neben den kleineren Karrensteinen kann man Karrenblöcke unterscheiden, die entweder durch Auflösung kleiner Karrenhügel entstanden oder von den Kalkwänden abgestürzt sind und ein Volumen von 1—5 *cbm* besitzen. Dieses Durchschnittsmaß kann je nach den lokalen Verhältnissen und den Zerstörungsumständen weit übertroffen werden, wie die Besichtigung der Karrenblöcke ergibt, in die sich der Ostteil des Hohen Ifengipfels zertrümmert hat (B. 26, Taf. XIII). Die Karrenblöcke können entweder selbst wieder in Karrengräte und Karrenfurchen zersetzt werden oder sie behalten als kleinere Blöcke unter sonst günstigen Verhältnissen ihr festes Gefüge; Ecken und Kanten sind an ihnen abgerundet (B. 16, Taf. VIII; B. 17, Taf. IX; B. 22, Taf. XI; B. 26, Taf. XIII).

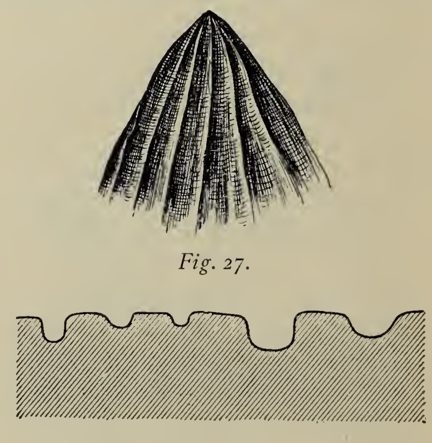

Fig. 27.

Fig. 29.

[1]) In der anschaulichen Schilderung alpiner orographischer Erscheinungen wird Waltenberger stets als ein klassisches Vorbild gelten. Das hat auch H. Hess recht trefflich in seinem Nekrolog über Waltenberger (Mitteilungen des D. u. Ö. A.-V. 1902, Nr. 7) mit diesen Worten gezeichnet: »In dem Aufsatze »Gebirgsgruppe des Hohen Ifen« nahm Waltenberger Stellung gegen das Überhandnehmen der einseitigen Tourenschilderungen; er verlangte Vertiefung des alpinen Schrifttums durch Nutzbarmachung für die Allgemeinheit und gab zugleich mit seiner Arbeit ein musterhaftes Beispiel, wie ein geschultes Auge, ein gründlich gebildeter Geist und ein offenes, naturfreudiges Gemüt auch scheinbar weniger bedeutenden Alpenteilen eine Fülle des Interessanten ablauschen und — wie eine geschickte Feder dies anderen vermitteln kann.«

Die bis jetzt besprochenen Gebilde sind die Hauptformen oder die primären Formen eines Karrenfeldes. Ausgenommen sind die Karrensteine und -Blöcke, die mehr sekundärer Natur sind. Es gibt aber noch andere sekundäre, bestimmt ausgesprochene Formen, die wir als Nebenformen den Hauptformen gegenüberstellen. Die Nebenformen sind vorwiegend an die Wände schon ausgebildeter Karren oder an die Firste mit ihrer nächsten Abdachung oder an große Kalksteinwände gebunden.

An höheren Karrenkanten finden sich mitunter kleine zierliche Vertiefungen. Diese Formen bekunden sich als ein Bündel, als ein System von Kanälchen und Hohlkehlchen, die meist direkt in gleicher Erweiterung parallel zur Tiefe laufen, wo sie sich allmählich verlieren (B. 3, Taf. II; B. 15, Taf. VIII und namentlich B. 19, Taf. X; auf der Karte die beiden letzten Fundstellen in A II und



(Bleistiftskizze des Verfassers)

Fig. 28. Karrenformen vom Plateau des Hinter-Kaisers.

VI, VII). Dort, wo die Form des Steines es verlangt, verzweigt sich eine Rinne in zwei oder drei Teile, die wieder mit den ursprünglichen Rinnen im gleichen Sinne verlaufen.

Diese Riefelung (Riffelung) oder Kannelierung erstreckt sich auf beide Seiten des Grates, wenn dieser frei steht; ist er aber an der einen Seite zu sehr von einem höheren Grate geschützt, so zeigt nur die der Witterung mehr zugängliche Seite die Riefelung. Sie läßt sich mit den Kannelüren, die senkrecht am Schaft einer dorischen Säule herablaufen, vergleichen (Fig. 25). Der Säulenschaft ist aufgerollt, wie der Durchschnitt (Fig. 26) von solchen geriefelten Karrenwänden ergibt. 5 *mm* bis 4 und 5 *cm* Breite besitzen diese Hohlkehlchen, ihre größten Tiefen betragen 1—2 *cm*. Das sind die Rinnen an den Karrenfirsten. Auf dem B. 11, Taf. VI und auf den Karrensteinen B. 15, Taf. VIII erkennt man diese Rinnen. Es sind Flachrinnen, an Neigungen von 8—30° gebunden. Recht anschaulich sind die Wiedergaben von Karrenrinnen in natürlicher Größe auf Tafel XVI. Diese Rinnenform gewinnt, an steilen ausgedehnten Wänden bedeutend an Breite, Tiefe und Länge (B. 19, Taf. X).

Unter günstigen Umständen ziehen sich diese Rinnen mit gleichen Breiten- und Tiefendimensionen von der Höhe bis zur Tiefe der Kalksteinwand (B. 3, Taf. II).

Eine Abart dieser Riefelung besteht darin, daß die Rinnen oben am Anfang zusammengeschnürt sind (Fig. 27). Die Hohlkehlchen erweitern sich von ihrem Anfangspunkt aus, um sich dann in der Tiefe zu verflachen und zu verwischen. Auch diese Kannelierung ist an der Wetterseite mehr ausgebildet als an der Wetterschattenseite. Auf freistehenden, niederen, breiten Karrenrücken läßt sich diese Riefelung mitunter auch beobachten, aber die Rinnen sind da im großen und ganzen nicht so gut markiert aus der Gesteinsmasse herausgearbeitet. Auf B. 11, Taf. VI sind Ansätze zu derartigen Rinnenbildungen zu beobachten, wie überhaupt auf dem Gebiete der Ifenplatte. Die Augenfälligkeit dieser Riefelung kommt auf dem Gottesackerplateau nicht so zur Ausprägung wie z. B. bei den Karren auf dem Plateau des Hinter Kaisers bei Kufstein, die zu untersuchen ich 1893 die Gelegenheit hatte. Beigegebene Skizze (Fig. 28) vom Plateau des Hinter Kaisers bringt diese Detailformen zur Anschauung, wie auch das B. 31, Taf. XV, besser B. 30. Diese zwei Photographien auf der letzten Tafel verdanke ich Herrn A. Stöcker aus Kufstein, der im Oktober 1899 bereitwilligst meiner Aufforderung nachkam, etliche typische Karrengebilde an der Naunspitze des Hinteren Kaisers zu photographieren, zum Zwecke der Veröffentlichung in dieser Arbeit.

Erinnert die eben geschilderte Rinnenbildung an die Riefelung dorischer Säulen, so kommen auch Formen vor, die die Kannelüren jonischer und korinthischer Säulen erkennen lassen (Fig. 29.). Ihr Auftreten ist nur an große steile Kalksteinwände, zum mindesten an ausgedehnte Karrenwände, deren Neigung nicht unter 50° geht, und an denen sie fast immer in gleicher Breite und Tiefe nach tieferen Stufen eilen, gebunden. Je älter diese Rinnen werden, desto mehr verwischen, runden sich die scharfen Kanten ab, d. h. die Berührungsstellen zwischen Rinne und Steg. Daß diese Karrenfurchung der gleichmäßigen Breite der Rinnen und der Stege, wie sie die klassische Form eines jonischen Säulenschaftes vorschreibt, entbehrt, ist selbstverständlich bei einer Formengebung durch die Natur. Die Breite dieser Rinnen schwankt zwischen 5–40 *cm*, ebenso ihre Tiefe, ihre Länge von 1–8 *m*. Diese Rinnen sind vielfach mit den vorher beschriebenen Kannelüren vergesellschaftet; übrigens lassen sich zwischen beiden Formen mannigfaltige Übergänge konstatieren (B. 19, Taf. X). Mit diesen Rinnengebilden bin ich zugleich an den Abschluß der Betrachtung über die Karrenformen gelangt; es erübrigt nur noch, andere wichtige Erscheinungen eines Karrenfeldes, speziell des Gottesackerplateaus hervorzuheben.

Zu dem allgemein Charakteristischen des Gottesackerplattert gehört das Auftreten von Firnflecken. Die beiden Bilder auf Taf. I lassen das zahlreiche Auftreten dieser Schneeansammlungen erkennen. Einzelne Firnflecken geben die Bilder 9, 10, Taf. V; 13, 14, Taf. VII; 16, Taf. VIII; 17, Taf. IX; 20, Taf. X; 21, Taf. XI. In dem von mir kartographisch fixierten Teil des Gottesackerplateaus zählte ich im August 1898 rund 90 Firnanhäufungen. In der Annahme, daß mir noch mancher Firnfleck entgangen ist, wird die Zahl 100 für die Menge der perennierenden Schneeflecken nicht zu hoch gegriffen sein. Einige von diesen Firnflecken können in besonders warmen, lang andauernden Sommern gänzlich zusammenschmelzen und verschwinden. Das größte Firnfeld zieht sich in der Talmulde zwischen Hohem Ifen und Gottesackerplateau nach dem Querriegel zum Absturz nach dem Tiefen Ifen aufwärts; ich maß es am 28. August 1899 auf 286 *m* Länge und zwischen 5—60 *m* schwankende Breite bei einer allmählichen Ansteigung von 0—30 *m*.

Bei günstigen Verhältnissen lassen sich auf dem Firnschnee da, wo er in

einer erweiterten Gesteinsspalte eine karrenähnliche Wölbung besitzt, Riefelungen wie auf manchen Karrenplatten wahrnehmen. So beobachtete ich auf einem Firnfleck in D, E VI (Karte), wie von einem etwa 1½ *m* langen Schneefirst rinnenartige Gebilde nach allen Seiten abliefen, die eine gewisse Parallelität des Verlaufes offenbarten. Die Breite der Rinne war im Durchschnitt 2½ *cm*; sonst war diese Hohlform sehr flach. Nach der Tiefe verloren sich die Rinnen ebenso wie die an den Karrenwänden. Angesetzter Humus ließ diese Art dorischer Riefelung deutlich erkennen. Diese Beobachtung sei hier mehr nebenbei vermerkt; denn die scheinbar karrenähnliche Kannelierung kann uns keinen Fingerzeig für die Erklärung der Karrenbildung geben, da sie sich in einer wesentlich verschiedenen Grundmasse vollzieht und auf einem Schmelzungsprozeß beruht. Dem über dem Schneerücken hinstreichenden Wind ist ein gewisser Einfluß nicht abzusprechen. Wichtig ist der Schnee auch zum Nachweis der ziemlich schnell vor sich gehenden Ansammlung von Humuspartikelchen; denn nach wenigen Tagen, nachdem ein Schneefall stattfand, konnte ich sie regelmäßig beobachten.

Mit den Schneeverhältnissen berühren sich eng die hydrographischen. Infolge der orographischen Gestaltung eines Karrenfeldes kann ein an der Oberfläche hinfließendes Wasser sich nicht entwickeln. Das atmosphärische Wasser, besonders in der Gestalt des Regens, wird von den Karrenspalten im Nu verschlungen und tief hinein in den Karrenberg geführt. Daher erklärt sich der auffällige Mangel an Quellen auf den Schrattenfeldern. Quellenlosigkeit eines Karrenfeldes ist Regel. Vergeblich sucht der Alpenwanderer nach Wasser, um den Durst zu löschen, der in den Sommermonaten durch die von den blendend weißen Karrenwänden abprallenden, die Hitze steigernden Sonnenstrahlen zur Unerträglichkeit gesteigert werden kann.

Ist das Karrenfeld an sich an Quellen arm, so ist der Fuß der Karrenberge um so reicher an Quellen. Das Grundgestelle der Karrenfelder hat wie ein Schwamm die Wasser aufgespeichert und gibt sie entweder regelmäßig oder periodisch, meistens reichlich, selten spärlich von sich. Daß diese Quellen in unmittelbarem Zusammenhang mit den Schratten stehen, beweist ihr starkes Anschwellen nach heftigen Regengüssen oder nach dem Schmelzen des Schnees. Ein zweiter Beweis der direkten Verbindung dieser Quellen mit der Oberfläche des Karrenterrains ist ihr tiefer Wärmegrad. Da das Grundgestell des Karrenberges auch während des Sommers von den Schmelzwassern der Schnee- und Firnanhäufungen in den Schrattenklüften und -Löchern gespeist wird, behält das Wasser im Innern eines Karrenberges während der Sommermonate eine ziemlich tiefe Temperatur. Vergl. hierzu die Temperaturangaben einiger Karrenquellen auf S. 18.

Zu den für diese bemerkenswerte Erscheinung namhaft gemachten Gründen gesellt sich noch die Eigenschaft des Kalksteins, ein schlechter Wärmeleiter zu sein. Die Kalksteine können nicht schnell genug ihre Innentemperatur, also auch die im Karrenberg, der Temperatur der sie umspülenden Atmosphäre anpassen. Auf dem Oberen Gottesackerplateau selbst ist keine Quelle zu entdecken. Stagnierendes Wasser trifft man hie und da in kleineren Karrenspalten und -Löchern. Zwei winzige Wassertümpel sind in der Nähe der Gottesackeralpe bemerkbar, angefüllt von gelbem, schmutzigen Wasser. Diese Tümpel trocknen in heißen Sommern ein; nicht so die kleine Lache im Norden des Gottesackeralphauses auf einem Bühl nach der Scharte zu. Sie ist 3 *m* lang, 1½ *m* breit und 20—35 *cm* tief (gemessen am 23. August 1899). Das Wasser (11° C.) mundete nicht besonders, aber in Ermangelung anderer Flüssigkeiten mußte auch diese armselige Wasserlache einigemal den Durst stillen helfen.

Wir geben hier die Temperaturen von einigen Quellen, von denen sicher anzunehmen ist, daß sie in irgend einer Weise mit dem Innern des Karrenberges unseres Gebietes in Beziehung stehen. Auf der Karte (Seite 3) habe ich diese wichtigen Quellen mit römischen Ziffern I—VI bezeichnet. In unmittelbarster Beziehung mit dem Gottesackerplateau steht Quelle I, 1835 *m*, zwischen dem Plattert und dem Nordostabfall des Ifengipfels. Im Juli 1894 maß ich 1,8° C., im August 1899 2° C. Ihr nahe ist die oberste Quelle II, 1740 *m*, im Tiefen Ifentobel, 2,2° C. im Juli 1894. Die Quelle III, 1854 *m*, beim Anstieg nach dem Thoreck im obern Mahdtal, 2,3° C. im August 1899. Die Quelle VI, 1850 *m*, oberhalb der Hochalp in der Nähe der Scharte, 2,5° C. im Juli 1894. Die Quelle V, 1675 *m*, im obern Laublisthal 3,5° C. im Juli 1894. Von ihr läßt sich aber nicht genau angeben, ob sie direkt aus dem Karrenberg kommt; weit eher ist es möglich, daß sie schon eine beträchtliche Strecke im Bereiche der erwärmten Oberfläche unterirdisch dahingeflossen ist. Die Quelle IV, 1732 *m*, im obern Mahdtale hatte 2,6° C. im August 1899. Das Wasser dieser Quelle verschwindet mit dem der Quelle III einigemal beim Durchfließen des Karrenterrains des obern Mahdtales. Bei seinem Hervorkommen ungefähr in einer Höhe von 1680 *m* maß ich 3° C. im Juli 1894. Oberhalb des Mahdtalalphauses verschwindet das Wasser ganz und gar, jedenfalls in die grosse Schlucht des Hölloches. Gümbel macht in seiner geognostischen Beschreibung von Bayern auf dies kleine Karrenterrain besonders aufmerksam, »in dessen schachtartigem, tiefen Schlunde sich die benachbarten Gewässer versenken, um gesammelt aus dem unterirdischen Behälter als sofort einen Bach bildende Quelle oberhalb der Sägemühle von Lützenschwand mit einer auffallend niederen Temperatur von 4,5° R. hervorzubrechen«. Diese Temperatur dürfte ungefähr mit meiner Messung von 5,5° C. übereinstimmen.

Überblickt man die Temperaturmessungen der Kalkstein- oder Karrenquellen I—VI, so fällt die niedrige Temperatur auf. Sie ergeben eine Durchschnittstemperatur von 2,43° C., sogar eine solche von 2,23° C., wenn man die etwas zu bemängelnde Angabe von Quelle V wegläßt. Offenbar weisen die Quellen neben anderem deutlich darauf hin, daß nicht bloß die Oberfläche eines Karrenterrains stark zerklüftet ist, sondern auch das Innere des gesamten Karrenstockes. Dies ist gewiß mit größeren und kleineren Höhlen und Schluchten durchsetzt, die zum großen Teile als ausgezeichnete Wasserreservoirs für die selbst im heißesten Sommer nicht versagenden Karrenquellen dienen. Das Verhältnis der Karren zu den Quellen hat man bei Betrachtungen über ein Schrattenterrain fast immer vernachlässigt; von neuern Beobachtern vernehmen wir gar nichts darüber, von den ältern sind es Hirzel und Tschudi, die diesem Verhältnis eine größere Bedeutung für die gesamte Landschaft, zugleich auch für den Menschen beilegen.

Das Gottesackerplateau gewinnt in hydrographischer Beziehung noch höheres Interesse, insofern sich auf demselben oder durch dasselbe die Wasserscheide zwischen Quellwässern des Iller-Donau-Flußgebietes und des Bodensee-Rheingebietes hinzieht. Diese Grenze indessen sicher auf dem Plattert zu bestimmen, ist ein Ding der Unmöglichkeit (vergl. die Wasserscheide auf der Karte [Seite 3]). Es ist nicht ausgeschlossen, daß im Innern des Gottesackerplateaus eine Art Bifurkation statthat, so ähnlich wie an der Nordgrenze des Ifenstockes im Mooser Hag.

Gern hätte ich bestimmte klimatologische und meteorologische Ergebnisse beigebracht, aber die Beobachtungen hierüber fließen so spärlich, daß ich mich außer auf meine eigenen wenigen Resultate zumeist auf das Wenige meiner Gewährs-

männer — Hirten und Förster — und auf Klenze[1]) verlassen muß. Das Klima des Mittelbergertales ist im großen Ganzen rauh und kalt. Im Süden sind die Täler durch die hohen Dolomitwände abgeschlossen, nach Norden sind sie offen und den heftigen, rauhen Nordstürmen zugänglich. Im Tale kehrt der Frühling erst in der zweiten Hälfte des Mai ein, auf dem Gottesackerplattert gegen Ende Juni. Juli und August ist Sommer; auf den Herbst kann man nur einen reichlichen Monat rechnen, denn mit Ende Oktober beginnt schon wieder der Winter. Sonnenschein und Regen, Föhn und kalte Nordstürme, Schnee, Frost und Hitze wechseln in unberechenbarer Folge. Das Gottesackerplateau wird auf seinem Westteil häufiger vom Nebel umhüllt als auf seinem Ostteile. Mehrmals konnte ich beobachten, wie der Ostteil frei war, während im Tiefen Ifen noch ein Nebelmeer wogte, das seine Wellen über die nächsten Teile des Plattert schlug. Wochenlang kann auch prächtigstes Wetter herrschen und den Boden bis hoch hinauf in das Gottesackerplateau erwärmen und Existenzbedingungen für verwöhntere Pflanzen schaffen. Die täglichen Temperaturkontraste schwanken ganz beträchtlich; ich konnte öfters auf dem Plattert am Morgen 2° — 4° C. konstatieren, zu Mittag um 1, 2 Uhr 18, 19 — 28, 29° C. Klares schönes Wetter hält im Sommer oft wochenlang an. Es ist indes auch keine Seltenheit, daß es im Sommer schneit und der Schnee bis in die Täler hinabreicht, während es im Winter manchmal wenig Schnee gibt. So schreibt mir der fürstliche Jäger Paul aus Schwänd bei Riezlern vom 4. Januar 1900: »Gegenwärtig haben wir wenig Schnee, es möchte jetzt fast lieber regnen als schneien, noch vor acht Tagen war ich beinahe oben am Ifen, ein Zeichen, dass wir wenig Schnee haben.« Hinwiederum kann der Schnee bereits im November ganz ansehnliche Höhe erreichen, so daß man über den Zäunen auf dem Schnee geht, ohne sie zu spüren. Klenze sagt, daß im Winter im Durchschnitt 1—1½ *m* Schnee im Tale liegen mögen; 2—3 *m* sind auch nicht allzu selten dagewesen. Oberförster Hohenadel aus Rohrmoos gab mir die Durchschnittshöhe des Schnees im Rohrmooser Tal auf 3 *m* an. Diese Höhe mit 1½ oder 2 multipliziert, mag vielleicht die Schneehöhe auf dem Gottesackerplattert ergeben. Schneemassen haben hier gelagert, daß von dem Gottesackeralphaus nichts mehr zu sehen gewesen ist, viel weniger von Karrenspalten und Rissen. Ist dieser Schnee fest gefroren, so soll das Plateau außerordentlich leicht in ½ bis ¾ Stunden zu durchqueren sein, bei lockerem Schnee aber auch umso gefährlicher und schwieriger.

Mit den auffällig großen Temperaturunterschieden hängt der oft sehr rasche Wechsel der Winde zusammen. Interessant und auf der Naturbeobachtungsgabe beruhend sind die Bezeichnungen der Winde, die der Walser nicht den Himmelsrichtungen entlehnt hat, sondern den Tälern, aus denen sie wehen. »Der Westwind (gewöhnlich Schlechtwetterbringer) heißt in Mittelberg: Starzelluft; in Hirschegg: Küraluft (vom Kürenwald); in Riezlern: Mahdertalerluft; — der Nordwind: Schwabluft (aus Bayern); — der Ostwind: Gutwetterluft; — der Südwind: Gemstelluft oder „Pföhn“ = Föhn.« (Klenze: Der Mittelberg. Anmerkung zu S. 4).

Stehen wir in der Scharte oder auf dem Ifengipfel und lassen den Blick über das Gottesackerplateau schweifen, so bemerkt man die eigentümlich dunkle, braungrünliche Färbung der Kuppen der Karrenhügel. Sie ist keine Schattenwirkung, denn auch auf der belichteten Seite der Hügel ziehen sich diese dunklen Decken herab (B. 1, 2, Taf. I). Nähert man sich diesen Decken, so wird man gewahr, daß es Humus- und Rasenpolster sind, aus denen sich Legföhren emporheben.

Schon dieser erste Eindruck belehrt, daß die Karrenfelder durch-

[1]) Klenze in dem Werke: Der Mittelberg, herausgegeben von Pfarrer Fink und von Klenze.

aus nicht solchen trostlosen Einöden gleichen, wie sie meist verschrieen sind. Die Pflanzenwelt spielt für die Karrenwelt eine größere Rolle, als man nach dem ersten Anblick ahnt. Wo die Neocomschichten und Seewenmergel durchbrechen, wie im Osten des Gottesackerplateaus, da ist die Vegetation besonders reich entwickelt. Wir haben mehrmals bereits hervorgehoben, daß man fast in jeder Karrenspalte mehr oder minder zusammenhängenden Ansammlungen von Humuspartikelchen begegnet. In Karrenrissen und Karrenlöchern, wie in Blumentöpfen und geschützt vor Winden, entfalten die Alpenpflänzchen ihre leuchtenden farbigen Blüten. Farbenprächtige Kontraste entwickeln sich im kleinsten Raum; hier das saftige Grün der Rasen und Moose mit den purpurnen und goldglühenden Blüten, dahinter der grauweiße Ton des Kalksteins. Die Photographien können nur schwach diese Verhältnisse wiederspiegeln, doch gewähren sie immerhin manchen Blick in das pflanzliche Einzelleben innerhalb der Schratten. Unter den Bildern achte man auf B. 8, Taf. IV. Dichter stehen kaum bei günstigeren Bodenverhältnissen die Lauche (Allium foliosum und A. montanum) als in den Furchen, die auf der rechten unteren Seite unseres Bildes wahrnehmbar sind.

Bei den obwaltenden Höhenverhältnissen unseres Terrains können nur niedrig wachsende Pflanzen und strauchartige Gewächse das Karrenfeld besiedeln. An den unteren Grenzregionen des Plateaus treten Abies pectinata D. C. Edeltanne, Weißtanne, mehr aber Abies excelsa P. C. Fichte, Rottanne auf. B. 27, Taf. XIII gibt die Höhengrenze der Fichten wieder; selten gelingt es, eine Vegetationsgrenze so gut bildlich festzuhalten, wie diese auf dem Ostflügel der Oberen Gottesackerwände (aufgenommen oberhalb der Schneiders-Kürenalpe auf dem Plattert). Interessant ist die Ansiedelung von Rottannen auf Karrenblöcken, auf welchen sie einzeln oder in Gruppen bis fünf Stück wachsen und eine Höhe von 3—8 *m* erreichen (B. 22, Taf. XI). Weit hinein in die Region des Gottesackerplateaus steigt die Arve (Arbe) oder Zirbelkiefer (Pinus Cembra L.), allerdings in wenigen Exemplaren, und zwar in dem Blockmeer am Ostabfall des Ifengipfels in der Nähe des Bärenkopfes. Jeder Karrenhügel des Plateaus, mit Ausnahme von etlichen wenigen auf der Ifenplatte, ist mit Legföhren, Latschen geschmückt (Pinus Pumilio H. und Pinus montana Mill.). Vgl. B. 1, 2, Taf. I; 4, Taf. II; 5, 6, Taf. III; 9, 10, Taf. V; 12, Taf. VI; 13, Taf. VII; 16, Taf. VIII; 17, Taf. IX; 19, 20, Taf. X. Waltenberger schreibt vor 25 Jahren: »Die Legföhre fehlt auf dem Plateau fast gänzlich, nur die Bergweide kommt in niedern Sträuchern vor.« Dazu vergleiche man meine Bilder und Ausführungen. Weil Waltenberger ein sehr gewissenhafter Beobachter war, können wir den Schluß ziehen, daß die Vegetationsdecke auf dem Gottesacker an Umfang gewonnen hat. Am Rande des Plattert ist Salix grandifolia Seringe vertreten, die in der Höhe der Salix herbacea L. weicht. Juniperus communus und J. nana Willd. sind spärlich vertreten.

Reich ist die Anzahl der Blütenpflanzen und Gräser. Diese repräsentieren sich nicht als kümmerliche Wesen, sondern als schön entwickelte Exemplare. Einige der Hauptvertreter und auf dem Gottesackergebiet besonders gut entwickelte Pflanzen teil' ich in folgendem mit: Aconitum paniculatum Lam. (Rispiger Eisenhut), Agrostis rupestris All. (Felsen-Straußgras), Anthyllis Vulneraria L. (Wundklee), Arenaria ciliata L. (Wimperiges Sandkraut), Arnica montana L. (Berg-Arnica), Aronium glaciale Rchb. (Krebswurz), Aster alpinus L. (Alpen-Aster), Bellidiastrum Michelii Cass. (Sternliebe), Calamintha alpina Lam. (Alpen-Bergmünze), Campanula linifolia Scop. (Leinblätterige Glockenblume), C. barbata L. (Bärtige Gl.), C. caespitosa Scop. (Rasenartige Gl.), C. pusilla Hke. (Kleine Gl.), Cirsium oleracium Scop. (Kratzdistel), C. spinosissimum Scop. (Vieldornige Kratzdistel), Daphne striata Tratt. (Steinrösl), Doronicum

cordifolium Sternb. (Herzblättrige Gamswurz), Drosera rotundifolia L. (Sonnentau), Epilobium alpinum L. (Alpenweidenröschen), Gentiana acaulis L. (Stengelloser Enzian), G. pumila Jacqu. (Niedriger Enzian), Geranium silvaticum L. (Wald-Storchschnabel), Globularia cordifolia L. (Herzblättrige Kugelblume), Gnaphalium Hoppeanum Koch (Hoppes Ruhrkraut), Gn. supinum L. (Niedriges Ruhrkraut), Hieracium incisum Hoppe (Eingeschnittenes Habichtskraut), Meum Mutellina Gärtn. (Bärwurzeln, »Mutternen«), Nigritella angustifolia Rich. (Kohlröschen oder Brändle), N. suaveolens Vill. (Duftendes Kohlröschen, Brunelle oder Schwarzständl), Oxytropis montana Jacqu. (Bergspitzkiel), Pedicularis rostrata L. (Geschnäbeltes Läusekraut), Plantago alpina L. (Alpen-Wegerich, »Ritz«), Polygonum viviparum L. (Keimender Knöterich), Potentilla minima Hall. fil. (Kleinstes Fingerkraut), Primula farinosa L. (Mehlprimel), Ranunculus montanus L. (Berg-Hahnenfuss), R. alpestris L. (Alpen-Hahnenfuss), R. aconitifolius L. (Eisenhutblätteriger H.), Rhododendron hirsutum L. (Rauhhaarige Alpenrose), Rh. ferrugineum L. (Rostfarbige Alpenrose), Saxifraga aizoides L. (Immergrüner Steinbrech), S. caesia L. (Meergrüner St.), S. muscoides Wulf. (Lebermoosartiger St.), S. oppositifolia L. (Gegenblätteriger St.), S. rotundifolia L. (Rundblätteriger St.), Silene acaulis L. u. v. a. (Stengelloses Leimkraut), Thlaspi alpestre L. (Voralpen-Täschelkraut), Thlaspi alpinum Crntz. (Alpen-Täschelkraut), Th. rotundifolium Gand. (Rundblättriges T.), Tozzia alpina L. (Tozzię oder Alpenrachen), Valeriana elongata L. (Verlängerter Baldrian), V. montana L. (Berg-B.), V. supina L. (Niedriger B.), Viola biflora L. (Zweiblütiges Veilchen).

Die niederen Pflanzen sind ebenso in zahlreichen Arten auf dem Gottesackerplateau vertreten, hauptsächlich Moose und Flechten. Moos und Humus gehören eng zusammen, selbst in wagerecht gelagerten Kalksteinplatten schlüpfen sie hinein bis tief in den Hintergrund der Spalten, so daß man sie kaum sehen kann. Wie weit nun folgende kalksteinbesiedelnde Arten und Familien — Grimmia, Mnium, Orthothecium, Isothecium, Oligotrichum, Zieria, Leptobryum, Tetraplodon, Distichium, Stylostegium, Anvectangium, Frullania, Reboulia, Seligeria, Batramiaceae — in unserem Karrenterrain vertreten sind, das bleibt einer eingehenderen botanischen Untersuchung vorbehalten, ebenso der sichere Nachweis folgender Lichenen: Parmelia, Gyalolechia, Aspicilia, Hymenelia, Biatora, Siegertia, Lecidea, Opegrapha, Verrucaria, Synechoblastus, Umbilicaria u. a. m. Wie zahlreich diese Schurf- oder Krätzflechten, die Blatter-, Krusten- und Wandflechten auf dem Gottesackerplateau vertreten sind, beweist ein Blick auf die einzelnen Karrengrate, besonders auf die dem Wetter zugekehrte Seite. Da bilden die Lichenen öfters ein förmliches Gekruste auf der Oberfläche, die von ihnen wie angeätzt aussieht. Siehe die Bilder auf den Tafeln XVI—XX und Fig. 54. Ältere und weichere Kalksteinwände überziehen sie mit einem Grauschwarz, untermischt mit Grün, Rot, Braun, Gelb und Blau, das dem Kalkfelsen die eigentümliche Färbung, ein Marmor- und Sprenkelmuster verleiht.

Karrenfels und Pflanze leben also in einem engen und eigenartigen Verhältnis. Christ (vergl. S. 46) ist der erste, der auf dieses Verhältnis schon nachdrücklich hinweist. Wie den Pflanzen in den Karrenfeldern Lagerungsgebäude und Magazine für ihre Existenzen geschaffen werden, darüber vergl. weiter S. 90 ff. Ich glaube, meine wenigen Mitteilungen genügen schon, um erkennen zu lassen, daß hier dem Pflanzengeographen noch ein reiches Feld der Forschung blüht.

Die Quelle der Wahrnehmungen über das Verhältnis der Karren zur Tierwelt fließt am allerspärlichsten, und bei den niederen Tieren versagt sie gänzlich.; einigen der gemeinen Tagschmetterlinge, sodann verschiedenen Käfer-, Hautflügler- und Spinnenarten bin ich an sonnigen Wandertagen auf dem Gottesackerplattert begegnet. Auch ist es ja ausgeschlossen, daß wir in der Höhenregion des Gottesackerplateaus ganz außerordentlichen Tatsachen nach dieser Richtung be-

gegnen müßten. Folgende Mitteilungen stützen sich auf wenig eigene Wahrnehmungen, zumeist indessen auf mündliche Berichte von den Förstern Hohenadel und Paul.

Schnyder von Wartensee (vergl. S. 35) hebt zuerst das feindliche Verhalten von Karren und Tierwelt zueinander hervor, nach ihm Tschudi (vergl. S. 39), der da meint, daß die Karren sich zu dem tierischen Leben ebenso wie die Gletscher verhalten, beide bieten ihm keine rechte Statt; die weißen Kalksteine der Karrengebiete sind zu günstige Reflektoren des Sonnenlichtes, und im Sommer wird dadurch die Hitze, die kein Gewächs, keine Quelle mildert, bis zur Unerträglichkeit gesteigert. Von einigen größeren Tieren werden die Schrattenfelder doch belebt, wenigstens besucht. In dem Gebiet des Gottesackerplateaus halten sich ungefähr 90—100 Gemsen auf, deren Pflege sich Fürst von Wolfegg außerordentlich angelegen sein läßt, weshalb es mehr als recht und billig ist, dies edle und kostbare Wild durch Johlen und Steinwerfen nicht scheu zu machen. In dem Gottesackerloch sind Edelhirsche erlegt worden, wie auch Rehe; Rehe ferner an der ganzen Grenzregion des Plateaus, ebenso hin und wieder ein Dachs. Der weiße Alpenhase ist nicht selten, während der gemeine Feldhase nur als mageres Exemplar erjagt wird. Dem Fuchs dienen beim Vogelfang die Karren als bequeme Fluchtröhren. Wiesel und Hermelin dringen bis in den Gottesacker vor, ebenso Alpenspitzmaus und Schermaus. Verhältnismäßig häufig ist das Murmeltier, das die Spalten zu seiner Wohnung aufsucht. Von den Raubvögeln sind verschiedene Falken- und Eulenarten vertreten. Die Steinadler haben in früheren Zeiten im Ifengebiet gehorstet, jetzt überstreifen sie nur ausnahmsweise das Plateau. Von Alpendohlen und Flühvögeln wird das Gottesackerplateau belebt. Ab und zu machen sich Steinhühner, sowie die Alpen-Schneehühner bemerkbar, die mit großer Geschicklichkeit und Emsigkeit auf den Karrenfirsten dahinlaufen und die Tiefe unnahbarer Schlünde als sichere Schlupfwinkel benutzen. Birkwild hält sich in der Grenzregion des Plattert auf. Von kleinen Vögeln beobachtet man verschiedene Meisen- und Finkenarten.

Wenn wir von den Nutz- und Haustieren reden, die bis in unser Karrenfeld vordringen, können wir nicht umhin, zugleich des Menschen in seinem Verhältnis zu den Karren zu gedenken; und so ist mir die Veranlassung gegeben, einige wirtschaftliche und anthropogeographische Betrachtungen an das Gottesackerplateau anzuknüpfen.

Die Bezeichnungen »Obere und Untere Schafalpen (Schafweiden)« bezeugen, daß der Mensch das öde Steingebiet sich nutzbar zu machen sucht. Früher weideten Schafe in dem so bezeichneten Terrain des Plattert; da indes die Schafzucht allgemein zurückgegangen ist, so war sie in diesem Gebiet erst recht nicht mehr rentabel genug. Sie beschränkt sich immerhin noch auf 200—300 Stück auf die mit Karrensteinen besäte Fläche des Hohen Ifengipfels. Der Alpenwanderer, der zum ersten Male vom Gottesacker zum Ifengipfel emporsteigt, ist gewöhnlich nicht wenig erstaunt, in einer Höhe von über 2000 *m* auf Schafherden zu stoßen. Zwischen den Karrenspalten ist zwar eine spärliche Vegetation, aber die einzelnen Pflanzen strotzen oft in großer Saftfülle; zarte, vom Weidevieh bevorzugte Gräser sprossen in den Ritzen, vorzüglich auch die hochgeschätzten milchgebenden Alpenkräuter Ritz und Mardaun (= Muttern = Meum Mutellina Gärtn). In die Oberen Schafalpen, ziemlich bis zur Mitte des Gottesackerplateaus, wird von der Schneiders-Kürenalpe aus Galtvieh (Jungvieh) getrieben. Der Viehweg führte an der Verwerfungsspalte (Karte D IX, VIII, C VII) entlang, und mit Staunen nahm ich die Geschicklichkeit der jungen Rinder wahr, wie sie die Schwierigkeiten der Schründe, Zacken und Spalten zu überwinden verstanden. Galtvieh und etliche Ziegen werden ausschließlich auf der Gottesackeralpe zur Weide getrieben. Nach dem Hochrubachalpgebiet wird schon Melkvieh

getrieben, ebenso in der Rinne aufwärts zwischen Hohem Ifen und Gottesacker. Bis über die Spitzecken hinaus nach dem oberen Gottesackerplateau geht weidend das Melkvieh der Iferalpe. Diese ist vier bis sechs Wochen von Sennen und Hirten bewohnt, unter Umständen des Jahres zweimal kurz hintereinander, insofern bei günstigen Witterungsverhältnissen die Weide noch auf 8—14 Tage versprechend ist. Anfangs September bereits sterben die Hochweiden unter dem Einfluß der Nachtfröste ab, sie nehmen eine rötliche Färbung an, sind »gefuchset«, wie der Walser sagt.

Bei der das südliche Ifengebiet, besonders das Plattert benutzenden Bewohnerschaft begegnet man der Ansicht, daß die obere Grenze der Vegetation herabgerückt sei. Klenze läßt diese Ansicht für das ganze Mittelbergertal gelten. Und doch muß man diese Anschauung korrigieren. Sie mag vielfach am Platze sein; denn früher hat eine ganz unverantwortliche Abholzung stattgefunden, die natürlich klimatisch sehr ungünstig gewirkt hat. Dazu gesellte und gesellt sich noch ein anderes Moment. Kalksteinstücke, Karrensteine, die durch Frost, Gewitterregen und sonstige erodierende Kräfte losgelöst sind, rollen in die Mähder und Weiden herab; und dann muß die nötige Mühe und der nötige Fleiß verwendet werden, diese Geröll- und Schuttmassen beiseite zu schaffen. Leider unterbleibt diese Arbeit meistens. Wo dies aber getan wird, z. B. bei der Mahdertalalpe und Seealpe, da begegnen einem ausgezeichnete Weidetriften, was zuletzt auch der Umstand bezeugt, daß die Mahdertaler Milch als beste unseres engeren Gebietes gekannt ist; denn von 400 Litern Milch gewinnt man einen Zentner Käse, während auf den anderen Alpen 450—500 Liter Milch für das gleiche Gewicht nötig sind. Zur Aufbesserung mancher sumpfiger Weiden würde auch die Entwässerung beitragen. Wo die Weiden und Milchwirtschaft sich nicht lohnen, hat sich Fürst von Wolfegg entschlossen, neben der Entwässerung der fraglichen Gebiete für ihre Einforstung zu sorgen; denn der hieraus entspringende Nutzen scheint doch größer zu sein, selbst wenn mit einem 144jährigen Forstumtrieb gerechnet werden muß.

Von den Alpen ist die höchst gelegene die Gottesackeralpe (1836 *m*). Sonst ragen bis ins Gottesackerplattert hinein die Hochrubach-, Ifer- und Kürenalpen; die Gottesackeralpe im Norden, die Hochrubachalpen im Nordwesten, die Kürenalpen im Nordosten und Osten, die Iferalpen im Südosten. Diese Alpen sind nur in den Sommermonaten auf fünf bis sechs (sieben) Wochen bewohnt, die Gottesackeralpe nur drei, höchst selten vier Wochen. Die Eigentümer oder Pächter wohnen dann mit ihrer gesamten Familie oben. Dauernde menschliche Ansiedelungen reichen nicht an das Gottesackergebiet heran, sie sind zurückgedrängt bis ins Schwarzwasser- und Breitachtal, bis ins Rohrmooser-, Hirschgunder- und Schönebachtal. Neben der Alpwirtschaft beschäftigt man sich hie und da mit Handstickerei und neuerdings auch mit Maschinenstickerei. Für die wenigen Sommerwochen werden sogar Nähmaschinen mit auf die Alpe hinaufgeschleppt. Die gestickten Gardinen werden nach St. Gallen verkauft und kommen von da aus mit als Schweizer Stickerei in aller Herren Länder.

In die Ifengruppe dringen drei Volksstämme vor, im Norden die Bayern, im Westen die Bregenzer Wäldler und im Süden und Osten die Walser. Letztere kommen für unser engeres Gebiet besonders in Betracht. Sie sind die Bewohner des Mittelbergertales oder des Kleinen Walsertales; sie sollen Nachkommen der alten Burgunder sein, denn ihr Stammland ist der heutige Kanton Wallis der Schweizer Republik.[1]) Sie haben sich die alte deutsche Einfachheit und Reinheit der Sitten bewahrt. Mit einem gewissen Stolz und Selbstgefühl sehen sie auf den »Wäldler«

---

[1]) Vergl. die ausgezeichneten Ausführungen von Fink und Klenze in dem Werke: Der Mittelberg. Geschichte, Landes- und Volkskunde des ehemaligen gleichnamigen Gerichtes. Mit 21 Abbildungen, 1 Plan und 4 Karten. Mittelberg 1891. Verlag des Ortsvereins Mittelberg.

im Westen herab, und die Bayern im Norden nennen sie allgemeinhin »Schwaben«. Die Walser sind weder moralisch noch physisch verweichlicht. Das hängt damit zusammen, daß sie ein echtes Gebirgsvolk sind, bei dem der Körper durch die vielfachen Gefahren und Aufgaben der Naturverhältnisse gestählt ist, bei dem die Seele sich im Verkehr mit der Natur freier und selbständiger als im abschleifenden Verkehr mit Menschenmassen entwickelt hat. Das engumschlossene Gebiet nährt in dem Walser eine außerordentliche Liebe zu seiner Heimat; fern liegt es ihm, allsommerlich nach Verdienst ins Ausland zu ziehen; da geht er hinauf auf seine Alpen, dort läßt er das Vieh weiden und gibt acht, daß es in dem gefährlichen Terrain der Karren keinen Schaden nehme; an ganz gefährlichen Karrenstellen trifft er Sperrvorrichtungen, damit das weidende Vieh sich nicht bei Gewitter und Nebel in diese Flühenwüsten verirre. Die Einsamkeit auf der Sommeralm, die Einsamkeit im Winter hält in ihm das religiöse Gefühl lebendig. Sei er Jäger oder Holzfäller, Senn oder Hirte, immer bewahrt er seinen frommen Sinn, aber auch seinen Mut und seine Ausdauer. »Dazu kommt jene befreiende Wirkung des Angrenzens an die menschenleeren oder anökumenischen Gebiete der Gletscher, Felsen, Matten und Hochwälder, die vergleichbar ist der Wirkung tiefer Wälder oder des Meeres auf ihre In- und Anwohner.«[1])

Zum Schlusse unserer anthropogeographischen Betrachtungen sei auf eine mehr äußere Eigenart des Gottesackerplateaus hingewiesen, auf den Verlauf der politischen Grenze. Gewiß begegnet man selten im gebirgigen Terrain einer absolut geraden Grenzlinie von 7,3 *km* Länge. Im spitzen Winkel gebrochen dehnt sich diese Linie über den Gottesacker aus, von der Scharte beginnend bis zum höchsten Teil des Ifengipfels und von da zurück nach einem westlicheren Punkt der Oberen Gottesackerwände und darüber hinweg bis zum Polusbach (Karte Seite 3). Der natürlichste Grenzverlauf könnte zwar nicht die Wasserscheide einhalten, wohl aber den Kammverlauf der Oberen Gottesackerwände einfach benutzen. Dabei würde auch dem Alpenbesitz besser entsprochen, der als Ost- und Westteil des politischen Grenzdreiecks ja schon in österreichischen Händen ist. Freilich ist dieser beschränkte und durch Bodengestaltung zerrissene Besitz von keiner vitalen Wirkung auf die einzelnen Inhaber der Alpen. Ich kann mir keinen anderen Grund dieser Grenzregulierung denken, als daß man von der Scharte aus in der höchsten Erhebung des Hohen Ifen einen bequemen Triangulationspunkt hatte, zugleich aber von dem Gefühl unterstützt wurde, in dem Gottesackerplateau ein politisch passives Stück Gebirgsboden vor sich zu haben.[2]) Auch heute wird jedem politischen Geographen nicht bloß das Karrenterrain des Gottesackerplateaus, sondern überhaupt jedwedes andere Schrattenfeld als eine negative Größe erscheinen, von dem noch weit entfernt die menschlichen Ansiedelungen Halt machen. Erst mit besseren klimatischen Verhältnissen, und nachdem das Zerstörungswerk der Natur soweit vor sich gegangen ist, daß das gesamte Karrenterrain verebnet und unter Humus begraben liegt, können die ausgebreiteten Gebiete der Karrenfelder in wirtschaftlicher, anthropogeographischer und zuletzt auch in politischer Beziehung größere Bedeutung gewinnen.

---

[1]) Fr. Ratzel: Anthropogeographie. I. Teil: Grundzüge der Anwendung der Erdkunde auf die Geschichte. Zweite Auflage. Stuttgart 1899, S. 407.

[2]) Fr. Ratzel: Politische Geographie. München und Leipzig 1897, S. 93.

II. Teil.

Verbreitung der Karren und karrenähnlicher Gebilde.

Unendliche Mannigfaltigkeit und malerische Unregelmäßigkeit bilden den Charakter der festen Erdrinde; in Verbindung mit dem ähnlichen Charakter des auf ihr verteilten Pflanzen- und Tierlebens begründen sie allgemeine Typen der Erdoberfläche. Derartige Typen finden sich in großen Zügen weithingebreitet, sie finden sich aber auch in einzelnen kleineren Räumen wieder, die der Gesichtskreis des Menschen bequem umfaßt, oder die sich in irgendeiner Beziehung als besondere Landschaften abgrenzen. Formen und Farben von tiefer Begründung bedingen das Wesen, den Charakter einer Landschaft.

Die Karren sind Detailformen der Erdoberfläche, die bei einer Ästhetik des Gebirges nicht vernachlässigt werden dürfen. Baltzer[1]) sagt, daß sie für die Ornamentik der Kalkgebirge einen nicht zu übersehenden Beitrag liefern. Der mannigfaltige Reichtum und die große Vergesellschaftung dieser Formen eines Karrenfeldes sind für die ganze landschaftliche Scenerie der Kalkalpen so typisch, daß man von einer »Karrenlandschaft«[2]) reden kann. In einer Landschaft, in der die Karren weithin gebreitet auftreten, bestimmen sie den geographischen Gesamttypus. Zu den Formen gesellen sich die Farben; und wo beide wiederkehren, werden sie oft von merkwürdigen Eigenschaften des Bodens begleitet, für die sie wahrhaft »leitend« werden können. Der vorherrschende Farbeton ist das charakteristische, in verschiedenen Helligkeitsstufen wechselnde Grau des Kalksteins. Dieser Ton ist wieder mannigfach modifiziert durch die Teilnahme des Humusbodens mit seiner Pflanzenwelt als Staffage einer Karrenlandschaft. Wohl tritt die Vegetation nicht zu üppig in einem Karrenterrain auf, und dennoch gibt sie dem hellen Kalkfels an vielen Stellen einen dunkeln braungrünen Hauch, der der Stimmung des ganzen Landschaftsbildes unter Umständen einen eigentümlich trüben Charakter verleiht. Der Ausdruck der Karrenlandschaft ist dann düster, »kirchhofsartig«.[3])

Wenn die Karrenlandschaft wesentlich an dem charakteristisch grauen Ton des Kalkfelsens partizipiert, der nicht bloß in den Alpen, sondern auch im Apennin, Jura und Karst wiederkehrt, und ihr dadurch einen eigenen Typus aufzuprägen sucht, so wird sie durch ihren Formenreichtum von allen den Gebilden, die Ergebnisse irgendeiner Verwitterung sind, bestimmt als Individuum hervorgehoben. Diese äußere Gestaltung findet aber viele Analoga; und so führt die äußere Ähnlichkeit auf die tiefere Übereinstimmung seltsamer Formen der Erdoberfläche.

Die Eigentümlichkeit eines Karrenfeldes als Individuum spricht sich schon darin aus, daß das Volk dieser Oberflächen-Erscheinung einen besonderen Namen beigelegt hat. Wohl trägt das Karrenphänomen bei den verschiedenen Völkern verschiedene Namen, aber im Grunde genommen kommt

---

[1]) Baltzer: Der Glärnisch, ein Problem alpinen Gebirgsbaues, 1873, S. 16.

[2]) Eckert: Die Karrenlandschaft. Eine geographisch-ästhetische Studie. Wissenschaftliche Beilage der Leipziger Zeitung, 1897. Nr. 150.

[3]) Ratzel: Die Erde und das Leben. Eine vergleichende Erdkunde. 1901, S. 547.

in allen fast derselbe Gedanke zum Ausdruck. Etymologische Schwierigkeit verursacht die Bezeichnung »Karren«. Manche glauben, daß sie mit Karren, Schubkarren, zusammenhänge, insofern den Geleisen, Furchen des Karrens die Karren der Felsoberfläche ähnlich seien (Charpentier[1]) u. a.). Ich für meinen Teil halte das Wort Karren für eine figürliche Ausdehnung des Wortes »Kar« = Gefäß, Geschirr, bei Ulfilas »kas«, ahd. »char«, mhd. »kar«, mit welchem Wort auch das Kar der Hochgebirge zusammenhängt.[2]) Bei C. Escher von der Linth tritt der Ausdruck »Karren« zuerst in der Wissenschaft auf, nicht bei Agassiz, wie Simony angibt und viele andere, die sich an diesen anlehnen.

Das Wort »Schratten« kann ebenso zweierlei Ursprung haben; entweder hängt es zusammen mit »Schratt«, »Schrättel« = Kobold, Poltergeist, — die Schrättel sind sagenhafte, struppige, zwergähnliche Geister, die die Felsen durchbohren, durchwühlen; »Schrattenberg« in Nieder-Österreich, 1293 schon urkundlich — oder mit »schroten« = schneiden, hauen, zerschneiden. Schneider (Schnyder) von Wartensee anno 1783: »Schratten« = was zerschrunden ist. Grimm weiß keine genügende Wurzel für »Schratt« (Deutsche Mythologie). Ich vermute, daß »Schratte« durch eine Versetzung des »r« aus dem schriftdeutschen Wort »Scharte« sich gebildet hat.

Hierbei sei bemerkt, daß es nicht an Versuchen fehlt, die Worte »Karren« und »Schratten« als Bezeichnungen für verschiedene Karrentypen anzuwenden. So unterscheidet Fugger »Karren« mit oben gerundeten Rippen und »Schratten« mit scharfen Rippenkanten. Ratzel nennt die messerartig scharfen Kämme zwischen den durch Auflösung entstandenen Rinnen des Kalksteins »Schratten« und ihre Vereinigung, ihre Vergesellschaftung »Karren«, beziehentlich »Karrenfelder«. Beide Trennungen, die Fuggersche wie die Ratzelsche, in die wissenschaftliche Sprache einzuführen, ist aus praktischen und theoretischen Gründen nicht gut möglich. Sie würde viele Irrungen in der ganzen Karrenliteratur hervorrufen, auch hat sie z. B. Fugger bei seiner Abhandlung selbst nicht konsequent durchgeführt. Außerdem wird in vielen Gegenden, besonders in der Schweiz, wo der Ausdruck »Schratten«, bezw. »Schrattenfelder« für die Karrenfelder gäng und gäbe ist, auch die Bezeichnung »Karren« vom Volke gebraucht. Wir haben hier demnach synonyme Wörter vor uns.

Andere deutsche Ausdrücke, die sich durch sich selbst erklären, sind: »Plattert«, »Plattei«, von »Platte« (n) = nackte leere Bodenfläche, wo nichts wächst; »Gottesackerplattert«. Im Schwangauer Gebirge und in den Vilser Bergen bezeichnet man die Karrenfelder wegen der Ähnlichkeit der ausgewitterten Kalkstücke mit Knochen großer Tiere als »Beinlandl«. Ausdrücke wie »Steinernes Meer«, »Steinwüsten« laufen noch nebenher. Dasselbe bezeichnet das französische »Lapias« oder »Lapies«, was aber nicht mit »Liappey« zu verwechseln ist, wie es auf Karten hin und wieder vorkommt, denn dies bedeutet Steinfeld im Sinne von Bergsturz. Im französischen Jura wird der Name »Lapiaz« für Karrenbildungen durch »Lesine« oder »Leisine« ersetzt, der von lésiner = geizen abzuleiten ist, demnach gut auf die an Wasser und Erde armen Karrengebiete paßt; entsprechende Namen im Jura sind: »Désert« und »Sêche«; in der Dauphiné »Râcles« = (»Rasceles«). Auch in anderen Gebieten, wo karrenähnliche Bildungen häufig vorkommen, haben sie ihre besonderen Namen; so heißen sie in der Herzegovina: »Škrape«, im Libanon: »Berrîet el-hadschar«, d. i. soviel wie »Steinwüste«.

Wichtig ist es, für die Auffassung des Karrenphänomens, sein Verbreitungsgebiet festzulegen. Dabei kann nicht untersucht werden, ob auch all die beschriebenen

[1]) Die in diesem Teil nicht citierten Werke vergl. bei denselben Verfassern im folgenden Teil.
[2]) Vergl. Anmerkung auf S. 2.

Erscheinungen die Bezeichnung »Karren« verdienen. Daß die von mir persönlich beobachteten Karrengebiete am ausführlichsten beschrieben sind, wird man natürlich finden.

Die ersten und meisten Beobachtungen über die Karren liegen aus den Alpen, den Schweizer Alpen insbesondere, vor. In den östlichen Schweizer Alpen beobachtete man Karren auf dem Säntis, dem Curfirsten, dem Kerenzerberg, dem Riseltstock, der Karrenalp, der Silbern, den Muottatalerbergen, der Schächentaler Windgälle, den Wäggitalerbergen, dem Fluhbrig, der Fronalp, dem Bauen, dem Sättelistock, Rigidalstock, Wellenstock, Zindelnstock, dem Brünig, dem Kaiserstock, der Lidernen (Keller, Tschudi). Einzelbeschreibungen wurden der Schrattenfluh und den Karren am Rädertenstock und auf der Höhe der Silbern durch Schnyder von Wartensee, Hirzel, Heim und Becker zu teil. Heim berichtet ferner von Karren zwischen der Seewelialp und dem Hohen Faulen, des Belmistockes, der Jägernstöcke des Glatten, der Kammlialp, des Kistenpasses, des Gran- und Mattstockes. Karren schmücken die Sulzfluh.[1]) O. Heer erzählt von Schratten am Axenstein bei Brunnen. Die Karren des Glärnisch finden wir auch bei Heim erwähnt, dann bei Baltzer. Wir finden eben die Karren in der ganzen Kette von Unterwalden bis Glarus, wie Christ bemerkt. — Beobachtungen aus den westlichen Alpen liegen vor von dem Raviel, dem Sanetsch, der Tour d'Ay, der Tour de Mayen durch Keller, der Gemmi durch Scheuchzer, De la Borde, Ebel, Keller, der Salève durch De Saussure. Die Schratten des Faulhorn erwähnt Keller, Studer die auf der Bättenalp am Faulhorn. Agassiz machte seine Karrenstudien auf der Scheideck zwischen Meyringen und Grindelwald, auf dem Kirchet bei Meyringen, vor dem Gletscher am Rosenlaui, nahe am Gletscher von Grindelwald. Karrenfelder vor den Gletschergebieten: Miet, Zanfleuron, Verlorenerberg, Cheville, Audannes, Wildhorn sah Renevier. Charpentier beschreibt Karrenbildungen unter dem Gletscher der Diablerets. Mousson[2]) nimmt Karrenrinnen in den altrömischen Steinbrüchen zu Aix in Savoyen an. Der zerfurchten Oberfläche der Felsen im Tal Ollivules und bei den Städtchen Cujes und Gémones in Südfrankreich gedenkt De Saussure.

Eine ausführliche Monographie über das Karrengebiet des »Désert de Platé« (Hoch-Savoyen) bringt E. Chaix. Er hat auch das des Parmelan beobachtet. J. Briquet, der Savoyen betreffs botanischer Untersuchungen kreuz und quer durchstreift hat, teilt Chaix Orte und Höhenlagen von Karren mit, die auch hier wiedergegeben seien. I. Karrenfelder in dem Alpengebiet des Genfersees. 1. Südliche Ketten: Die Dents Blanches im Norden des Gipfels Corna Morney; Kamm der Avandrues (2600 *m*); der Circus des Berges Crion; die Kette der Chambres, oberhalb der Sennhütten von Foillys; Désert de Platé, mit der Kette der Fiz von Anterne (2769 *m*) bis zum Gebirgspaß Dérochoir, das Massiv der Tête du Colloney und die nördliche Abdachung des Haut de Véron. 2. Östliche Ketten: Südlicher Kamm (Grat) der Hautforts (2400 *m*); Cornette de Bise; die Kämme vom Mont Chauffé (Tal von Abondance); die Ketten von Antigny und Bellegarde (id.); der Circus von Entre-deux-Pertuis (Tal von Aulph); der Berg Ouzon. 3. Westliche Ketten: Das Massiv von Nifflon (eins der größten Karrenfelder von Chablais, viel weiter ausgedehnt als das der Cornette de Bise, rangiert gleich nach dem Désert de Platé; es trägt mehrere Gipfel wie die Rochers de la Mâche, 1645 *m*, Pointe de Riandet, 1653 *m*, Grand Rocher, 1850 *m*, Pointe d'Ireuse, 1891 *m*, und Grande Chaux, 1848 *m*). II. Karrenfelder in den Alpen von Annecy: Pointe Percée; eine Reihe

[1]) Schoenbach: Persönliche Mitteilung an den Verfasser.

[2]) Zerstreute Bemerkungen über Mousson bei A. Heim und in des letzteren brieflichen Mitteilungen an den Verfasser vorliegender Arbeit.

noch wenig bekannter Karrenfelder auf dem Kamme der Aravis, zwischen Pointe Percée und dem Passe der Aravis; eine andere Reihe in den Rochers del 'Etale; Rochers de Leschaux; die Kette der Traversiers (Scex, 1826 *m*, Rocher de Lachat, 2028 *m*); eine Partie der Kette der Balme, 1918 *m*; eine Partie der Kette des Frêtes, 1905 *m*; Sous-Dine; eine Partie der Rochers de Lachenaz, 1862 *m*; Mont Téret, schöne Karren; Parmelan; und das kleine Karrenfeld der Pitons du Salève.

Fr. Mader berichtete in seinen Veröffentlichungen [1]) und in persönlichen Unterhaltungen mit mir von Karrengebilden auf den Hochflächen der östlichen Provence bei Grasse, bei Coursegoules, um den Cheïron, am Abhange des Calern; im kleineren Maßstab treten solche bereits um Tourrettes bei Vence auf. Er sagt, daß die westfranzösischen Alpen reich an Karrenfeldern seien, namentlich die Gebiete Vercors, Dévoluy, Vaucluse, dagegen die südlichen Kalkalpen Liguriens nur an sehr wenigen Stellen die Bedingung zur Karrenfeldentwicklung besitzen. Rothpletz[2]) hatte 1895 Gelegenheit, auf dem Gipfelkamme von Ste. Beaume in der Provence (1035 *m* hoch), der aus nach Süden geneigten Bänken des cretaceischen Schrattenkalkes gebildet ist, Karren zu beobachten.

Uber Karren und Karrenfelder der deutschen Alpen liegen mancherlei Bemerkungen und Untersuchungen vor. Die Karren des Hohen Ifengebiets werden bereits geschildert von Gümbel, später von Waltenberger und Ratzel. Das Gottesackerplateau ist nicht der einzige Träger von Karren auf dem Ifenstocke. Am Thorkopf, an den Untern Wänden, 1840 *m*, an der Keplerwand, am Gatterkopf, 1670 *m*, Musberg, Kühberg, 1530 *m*, Engenkopf, 1480 *m*, an den Kackenköpfen, 1530 *m*, lassen sich Karrenbildungen beobachten. Im Mahdtal ziehen sich die Karren von einer Höhe von 1700 *m* herab bis 1140 *m*. In der mittleren Erstreckung 1450—1500 *m*, sind besonders Karren mit abgerundeten Firsten anzutreffen (B. 24 und 25, Taf. XII). Noch schöner abgerundet sind die Karren, denen man oberhalb der oberen Kepleralpe begegnet, im Norden der Ifengruppe. Wo nur der Schrattenkalk zu Tage tritt, stößt man auch auf Karren. Von diesen Erhebungen ziehen sich die Karren in die Täler hinab. Der ganze Ostabhang der Ifengruppe zeigt Karrengebilde bis zur Isohypse von 1100 *m*; die tiefste Stelle erreichen sie im Norden des Engenkopfes (920 *m*). Im Kürenwald sind sie fast ganz durch Humus und Wald bedeckt. Ebenso finden sich vereinzelte Karren im Norden der Ifengruppe bis in die Nähe der Starzlach und des Hirschgunderbaches. Auf dem Weg von Rohrmoos nach Sibratsgfäll stehen Karren. Ihre größte Tiefenerstreckung ist da ungefähr durch die Isohypse 1000 *m* gegeben. Im Süden lassen sie sich noch im Ifertsgundtal bei 1340 *m* Höhe beobachten. Der Westabfall der Ifengruppe ist auf seiner Südhälfte ein sehr steiler und zeigt gar keine Karren, nur hie und da einen verlorenen Karrenstein oder Schrattenkalkblock, der von dem in der Höhe lagernden Schrattenkalk abgewittert ist. Bei den Rubachalpen finden sich Karren bis zu einer Tiefe von 1150 *m*.

Gümbel berichtet von Karrenfeldern im Wettersteingebirge, in den Schwangauer Gebirgen und in den Vilser Bergen. Ratzel[3]) bringt den Namen der Riffel im Wettersteingebirge mit der Riefelung und Karrenrinnenbildung, die sich auf dem dem Höllental zugekehrten östlichen und nördlichen Abhang der Riffel zeigt, in Zusammenhang. Gruber[4]) konstatiert Karrenbildungen im Karwendel, im Riß- und

---

[1]) Fritz Mader: Die Hochflächen der östlichen Provence. Globus LXVI. Nr. 8, S. 122, 123. — Die höchsten Teile der Seealpen und der Ligurischen Alpen in physiographischer Beziehung. Leipzig 1897, S. 29.

[2]) Rothpletz: Briefliche Mitteilungen an den Verfasser.

[3]) Ratzel: Die Erde und das Leben. Eine vergleichende Erdkunde. Bd. 1, S. 538.

[4]) Gruber: Briefliche Mitteilungen an Prof. Dr. Fr. Ratzel.

Dürrachgebiete. Chr. März,[1]) der die Kare des Karwendels studierte, fand in allen Karen karrige Bildungen, so daß er von einer Karrenzone der Karwendelkare spricht, die sich am typischsten von 2000 bis 2200 *m* ausbreitet. Bis 2000 *m* geht das Krummholz mit Karrensteinen. Demselben Beobachter verdanke ich auch das Kalksteinstück mit Karrenrinnen auf Tafel XVI, Bild 33, das dem Haller Anger entstammt, der eine Durchschnittshöhe von 1775 *m* besitzt und den Übergang zwischen Hinterau- und Vompertal bildet. Mehr zufällige Beobachtungen über Karren machte Schwaiger außer am Hochglück noch im Gruben- und Lamsenkar. Bargmann[2]) sah hin und wieder karrenähnliche Bildungen im Samer- und Gleierschgebiet. Klengel berichtete mir mündlich von Karren auf den Höhen, die den Achensee umgrenzen.

Die Karren des Kaisergebirges untersuchte ich im Jahre 1893, sodann in den Jahren 1894 und 1900. Hier findet sich das größte Karrenterrain auf dem linken Flügel, dem Westflügel des Zahmen Kaisers; es breitet sich plateauartig aus, besitzt eine Größe von 0,7 bis 0,8 km^2 und eine mittlere Erhebung von 1780 *m*. Wichtige Karrenpartien reichen bis 1500 *m* hinab, so in der Nähe der Naunspitze (B. 30 und 31, Taf. XV). Gewinnt man einen Überblick über das Plateau, etwa vom Petersköpfl aus, so erscheint es völlig eben. Das ist aber nur Schein; denn eine Wanderung über dasselbe lehrt uns einen reichen Wechsel von kleinen Erhebungen kennen. Dazu gesellt sich vielfach ein fast unentwirrbares Latschendickicht. Bündelweise zusammengeschnürt ragen die Karren aus dem Humusboden heraus (cf. B. 28, Taf. XIV und Fig. 28), meistens 1—2 *m*; aber auch Karrenwände bis 5 *m* Höhe überraschen den Wanderer, der das Plateau bis zu seinem Nordabsturz begeht.

Die anderen beobachteten Karren des Kaisergebirgs befinden sich in Talmulden und an Talgehängen. Die größte derartige Anhäufung findet sich im Westen des Schneekars am Treffauer Kaiser. Der oberste Teil dieses Karrengebiets, 1730 *m*, ragt in das großartige Steingeröll des Schneekars hinein. Auf der rechten, der Südseite des Karrenterrains am Treffauer, spezieller: an dem südlichen Ausläufer des Kleinkaisers, bilden die Karren ein schräganliegendes Band von circa 3 *m* Breite. Es streckt sich gegen 200 *m* talabwärts und ist am oberen und unteren Rande von Humus und von Latschen eingefaßt. Steigt man von diesen Schratten aus abwärts, so verschwinden sie beim Sonnenstein, treten erst oberhalb der Kaiserhochalm, 1450 *m*, wieder an das Tageslicht und begleiten von hier ab bald mehr, bald minder sichtbar den Südabfall des Scheffauer Kaisers bis über den Hintersteinersee hinaus. Fast alle Kare zeigen besonders an ihren Wandungen karrige Formen, so namentlich auch das Griesener Kar.

In der Nähe der Feldalpen (westlich vom Feldberg) breiten sich Karren aus, die wegen ihres größeren und reicheren Auftretens den Namen Karrenfeld verdienen. Dies Karrenfeld hat eine Ausdehnung von 95—100 *m* und eine Breite von 20—40 *m*. Es senkt sich nach Norden und hat eine durchschnittliche Meereshöhe von 1350 *m*. — Außer diesen größeren zusammenhängenden Karrengebieten kann man einzelne Karrenformen allenthalben an den verschiedenen Orten und Höhen beobachten. In der Höhe von 750 *m*, auf dem Wege vom Veitenhofe nach der Teufelskanzel, trifft man auf karrige Gebilde, die weiß gebleicht aus dem schwarzbraunen Humusboden hervorragen. Bei der Teufelskanzel sind die Karrenblöcke von Pflanzen üppig überwuchert und bilden da die schönste Auswahl zu Mal- und Zeichenstudien. Vereinzelte Karren-

---

[1]) Chr. März: Briefliche und mündliche Mitteilungen an den Verfasser. Die interessanten Studien von März betiteln sich »Der Seenkessel der Soiern« und werden noch im Laufe dieses Jahres 1902 im Druck erscheinen; er berichtet in diesen mehrmals über Karren und Karrengürtel.

[2]) Bargmann: Der jüngste Schutt der nördlichen Kalkalpen in seinen Beziehungen zum Gebirge, zu Schnee und Wasser, zu Pflanzen und Menschen. — Wissenschaftl. Veröffentlichungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig II. 1895, S. 12.

bildungen begegnen einem auf dem Waldweg von Kufstein nach dem Hintersteinersee. An der Nordostseite des Nieder-Kaisers treten Karren auf, die aus einer fruchtbaren Rasendecke spärlich hervordringen (820—850 *m*). Etwas zahlreicher erscheinen sie wieder im oberen Kaiserbachtal (1050—1350 *m*) östlich vom Stripsenkopf; auf dem Westabhang des Stripsenjoches entziehen sie sich völlig dem Auge des Beobachters. Auf dem Kalvarienberg (720 *m*) am Nordufer des Walchsees treten karrenartige Bildungen auf, ferner im Habersauertal vor der Gwirchtalp (1030 *m*) an bis 1200 *m*, dann auf dem Anstieg von Vorderkaiserfelden (1390 *m*) nach der Naunspitze (1632 *m*) (siehe oben). Die Karren des ersten Scharlingerbodens sind fast ganz mit Humus oder unter herabgestürzten Felstrümmern bedeckt, ebenso die in der Region des Goinger Kaisers. Die tiefste Stelle von beobachteten karrenähnlichen Gebilden befindet sich am Ausgange des Kaisertales in einer Höhe von 556 *m* und ist verhältnismäßig am besten ausgebildet am alten Wege nach dem Kaisertal.

Von den klassischen Karrentypen des Steinernen Meeres berichten Gümbel und Penck, R. Keil[1]), und besonders anziehend G. v. Bezold,[2]) Richard von Frey[3]) von denjenigen auf der Unteren Wildalm am Steinernen Meere. Herm. v. Barth[4]) schildert sehr gut das Eigentümliche des Karrenterrains des Steinernen Meeres, ohne den Ausdruck Karren zu gebrauchen. Aus dem Gebiete der Übergossenen Alm liegen auch Beobachtungen von H. Crammer vor. Das weitgedehnte Karrengebiet des Steinernen Meeres ist von elliptischer Gestalt mit einer mittleren Erhebung zu 2100 *m*. Die für Karrenstudien wichtigsten Teile lernte ich auf einer Reise im Jahre 1894 kennen. Meine Untersuchungen kontrollierte ich nochmals auf einer Reise im Jahre 1900. Der bequemste Weg, um die großartigen Karrengebilde dieses Terrains kennen zu lernen, führt vom Königssee durch die Saugasse nach dem Funtensee und von da weiter nach dem Riemann-Haus und bis zur Ramseider Scharte. Einzelne Karrengebilde findet man im Norden beim Absturz nach dem Königssee; 640 *m* dürfte der tiefste beobachtete Punkt dieser Gebilde sein. Ihre größte Wildheit und ihre größte Zerrissenheit erreichen die Karren des Steinernen Meeres — wie der Name schon bedeutet — in der Wildalm, dem östlichen Teile des Steinernen Meeres. Die untere Wildalm bei der Mauerscharte stellt einen ausgedehnten Kessel dar mit Karrenfeldern, die aber von größeren Weideplätzen durchsetzt sind. Rundhöckerformen machen sich überall geltend; sie werden in der oberen Wildalm ersetzt durch die wildesten Schroffen und gefährlichsten Zacken, in denen die Karrenfelder erstarrt sind. Hier finden sich keine Weideflecke zwischen den Karren, nur zerbröckelte Felstrümmer überschütten an manchen Stellen das übrige Gestein. Für das Studium des Verhältnisses der Karren zum Humus sind die Schratten an tiefern Ostgehängen des Gjaidkopfes und der Hirschwiese recht geeignet (1440 bis 1810 *m*).

Fugger, Karsten u. a. berichten von den Karren auf dem Plateau des Untersberges zwischen der Schweigmülleralpe und dem Muckenbründl und auf anderen Stellen desselben Gebietes. Die ausgedehnten Vorkommnisse von Karren auf dem Dachsteinmassiv und Toten Gebirge und Prielstocke haben eine eingehende Erörterung durch Simony gefunden. Die Karrenplateaus des Tennengebirges werden schon 1851 von Lipold[5]) geschildert, wenn dabei auch die Bezeichnung »Karren« ver-

[1]) Keil: Das Steinerne Meer. Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde. 1861.

[2]) Bezold: Naturwissenschaftliche Skizzen aus den Alpen von Berchtesgaden. 1869. V. Jahrgang des Österreichischen Alpenvereins.

[3]) Frey: Die Wildalmkirche am Steinernen Meere. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., VIII, 1877, S. 71.

[4]) Barth: Aus den Nördlichen Kalkalpen. Ersteigungen und Erlebnisse in den Gebirgen Berchtesgadens, des Allgäu, des Inntales, des Isar-Quellgebietes und des Wetterstein. Mit erläuternden Beiträgen zur Orographie und Hypsometrie der Nördlichen Kalkalpen. 1874, S. 28 ff.

[5]) Lipold: Das Tännengebirge. Jahrb. d. geol. R.-A. 1851. S. 81, 82.

mieden wird. Von den Südtiroler Alpen liegen in Bezug auf Karrenfelder nur spärliche Beobachtungen vor. Penck hebt in den Mitteilungen der k. k. geographischen Gesellschaft zu Wien die karrengleichen Gebilde der Slavini di San Marco bei Roverto hervor. Karl Schulz, ein bekannter Alpinist, erzählte mir von prachtvoll entwickelten Karrentypen in der Brentagruppe.

Martonne[1]) berichtet von den Karrenfeldern und kleinen Dolinen im Cipollinmarmor, der mit die bedeutenden Zirken von Gauri et Galcescu (etwa 2200 *m*) in dem Massiv von Paringu der rumänischen Karpathen aufbaut.

Ein bestrittenes Ausbreitungsgebiet haben die Karren im Jura gefunden. Von älteren Forschern erwähnt Agassiz zuerst die Karren im Jura bei Chatillon oberhalb Bevaix, an dem Abhang von Bötzingen, neben der Straße von Biel nach Sonceboz, und auf Gipfeln im waadtländischen Jura. Dieselben Orte werden von Tschudi und Berlepsch wiederholt. In neuerer Zeit haben Ratzel und Schardt[2]) die vergessenen Karren des Jura wieder ans Tageslicht gebracht. — Kurz nach einer Wanderung im Karste kam Ratzel nach dem Westjura zwischen der Dôle und dem Noirmont; ihn überraschte die Übereinstimmung der Natur mit dem Karst. Besonders fielen ihm die Karren auf, die im Jura wohl nicht so ausgedehnt wie in den Alpen als Karrenfelder zu finden, aber wohl an jeder über 1000 *m* sich erhebenden Höhe nachzuweisen sind. Ganz typische Karren sah Ratzel am Westabhange der Dôle gegen Polechaud zu, am Col de Marcheiruz, am Mortmont (450—600 *m*) bei Eclépends zwischen Yverdon und Lausanne und auf dem schwach nach Südosten einfallenden Urgon des subjurassischen Neocom-Plateaus (550 – 700 *m*) zwischen Orbe und Cuarnens. — Schardt beobachtete gut entwickelte Karren im Bois de la Rollaz bei 1341 *m* Höhe südlich von der Straße zwischen Les grands Prés de Bière und La Meylande, ferner im Tale von Les Amburnex und Les Sêches. Karren von echt alpiner Beschaffenheit zeigen sich im Gebiete zwischen Lons-le-Saulnier und Valfin im französischen Jura. Dieser hat einen ausgesprochenen Plateaubau und ist daher besser für zusammenhängende Karrenfelder geschaffen als der schweizerische Jura.

In deutschen Juragebieten sind bis jetzt noch keine Karren beobachtet worden, trotzdem Ammon[3]) bei seinen Untersuchungen über dieselben auf Karrengebilde achtete. Die Möglichkeit von karrenfeldähnlichen Bildungen im Frankenjura leugnet Ammon nicht. In einem Briefe an Ratzel schreibt er: »Günstiger für die Beobachtung von karrenfeldähnlichen Bildungen dürfte sich der südliche Teil des Frankenjura erweisen.«

In neuerer Zeit hat man vor allem von seiten der Karstgeologen die Karren als ein wesentliches Karstphänomen beansprucht. Fast auf der ganzen Erstreckung des Karstes lassen sich Karren oder besser karrige Gebilde beobachten. Philippson berichtet von den Karren der Kalkplateaus des Peloponnes, Partsch von denjenigen auf dem Aenos, dem höchsten Gipfel der Insel Kephallenia. Auf dem Karste zwischen Blagaj und Nevesinje (Boué), im Velebit (Zittel), im Karste von Krain (Zippe) sind Karrenbildungen nichts Seltenes, ebenso im Kučajgebirge Ostserbiens, im Rauchtal und Bragsergebiet, in den Kalkgebirgen bis zur Linie Kljuc-Petrovac-Kulen-Vakuf (Mojsisovics). Cvijič beschreibt die Karren in der Herzegovina in der Gegend Ljut, im Südwesten des Gacko Polje (930 *m*); nach demselben Beobachter kommen sie im nordwestlichen Montenegro in einer Höhe von 600—1500 *m* vor. Hassert erzählt von den Karren in Montenegro, so von denen am Durmitor in 2114 *m*

---

[1]) Martonne: Le levé topographique des Cirques de Gauri et Galcescu (Massiv du Paringu). Buletinul societăţiĭ inginerilor şi industriaşilor de mine. Vol. IV, Fasc. I—II, Annl 1900. Bucuresci.

[2]) Schardt: Briefliche Mitteilungen an Prof. Dr. Ratzel; — vergl. auch S. 49.

[3]) Ammon: Briefliche Mitteilungen an Prof. Dr. Ratzel.

Meereshöhe. Nördlich von Fiume liegt das Risnjakgebirge, das Karrenbildungen verstreut aufweist (Hirz). Überhaupt lassen sich auf den mittleren und größeren Höhen des ganzen adriatischen Karstes Karren finden, am schönsten entwickelt bei Osli Dol (560 *m*), unweit Bersek in Istrien und bei Duare (= Zadvarje) im Karstboden (240 *m*), links von der Cetina (Cvijić).

Aus dem Karstgebiete liegen noch Beobachtungen vor von Karren an der Meeresküste. Wir wollen diese Oberflächenerscheinungen »Litorale Karrenformen« nennen. Boblaye spricht von einer kontinuierlichen Karrenzone an der Kalkküste des Peloponnes. An der Küste der jonischen Inseln zeigen sich Karren, so z. B. im Meeresniveau der Kalkfelsen von Ithaka (Partsch). Hilber schreibt von Karren in der Bucht zwischen Punta Pizzale und Punta Maturaga im Norden von Parenzo; Stache schreibt über die an der Westküste von Istrien zwischen Stignano und Fasano.

Wir kennen nicht bloß den Karst als einen nächsten Verwandten der Alpen, sondern auch die Pyrenäen. Daß hier Karren vorkommen, wissen wir von Penck, der ferner auch von solchen auf Gibraltar berichtet. Von anderen europäischen Gebieten scheinen einige Stellen in Sizilien durch karrenähnliche Bildungen ausgezeichnet zu sein (Heim). In die neueste Zeit gehören die Beobachtungen über norwegische Karren durch J. H. L. Vogt. Karrige Gebilde reinen Kalkes kommen im Erzgebirge vor (Sauer und Beck). Von karrenähnlichen Erscheinungen im Sandstein der Sächsischen Schweiz reden Gutbier und Hettner, und von gleichen Gebilden in den Grès crétacés des Massivs von Bucegiu in Rumänien spricht E. de Martonne.

Es liegen auch Angaben über Karrengebilde außerhalb Europas vor. Im Libanongebirge konnte Diener Karren konstatieren, und zwar die entwickeltsten Karren in einer Höhe zwischen 1000 und 1600 *m*; auch im Antilibanon treten sie zwischen Rahleh und Raschàja auf. Karrenähnliche Gebilde werden auf alle Fälle noch im Sinaigebiet gefunden werden; denn die Kreideverwitterungen bei Ras Abu Jenûne zeigen so ganz etwas den Karren Verwandtes, wenn diese Gebilde auch in wesentlich größeren Dimensionen vor unser Auge treten (L. Rütimeyer).[1] Karrenähnliche Bildungen wurden in den Kalksteinen von Mexiko beobachtet (Felix[2]), Lenk[3]). Daß auf den regenreichen Kalkplateaus der Staaten Kentucky und Tennessee ebenfalls Karrenfelder vorkommen, hält Ratzel für wahrscheinlich; er spricht von Karrenfeldern und Karrenbildungen, die in allen geologischen Formationen vom Silur bis zum jungen Korallenkalk verbreitet sind und im Nordland sowohl, wie in Indien, Jamaika, Kuba und Yukatan vorkommen.[4])

Ein Überblick über die gesamten jetzt vorliegenden Beobachtungen lehrt, daß die Verbreitung von Karren und karrenähnlichen Gebilden sehr ausgedehnt ist, sowohl im horizontalen wie im vertikalen Sinne —; er drängt vorderhand zu den Schlüssen, daß die Karren weder ein spezielles Alpen-, noch ein spezielles Karstphänomen sind, daß sie in verschiedenen Klimaten vorkommen, daß sie auch nicht an bestimmte Höhenlagen gebunden sind, daß aber ihr typisches und zahlreichstes Auftreten an die Nähe der unteren Schneegrenze geknüpft und in der Gestalt von Karrenfeldern am besten auf der nördlichen Kalkzone der Alpen entwickelt ist.

[1]) Rütimeyer: Eine Reise von Suez nach dem Sinai. Globus 1890. LVII., Nr. 11.
[2]) Felix: Briefliche Mitteilungen an Prof. Dr. Fr. Ratzel.
[3]) Lenk: Persönliche Mitteilungen an den Verfasser.
[4]) Ratzel: Die Erde und das Leben. Eine vergleichende Erdkunde. Bd. 1, S. 539, 543.

III. Teil.

Ansichten über die Entstehung der Karren.

Zur tieferen Erkenntnis eines alpinen Problems trägt wesentlich die Geschichte der Auffassung über seine Entstehung bei. Auch das Karrenproblem hat seine Geschichte, und wir können im Interesse der Vollständigkeit dieser Arbeit und ihres Zwecks gar nicht umhin, auf die Hauptpunkte dieses historischen Abschnittes der physikalischen Geographie hinzuweisen.[1])

Wie die Anfänge der Profangeschichte in dem geheimnisvollen Dunkel der Sage und des Märchens ruhen, so hat auch unser Stück Geschichte aus dem Gebiete der physikalischen Erdkunde die Wurzeln in das Sagengewand gehüllt. Freilich kann eine Sage keine wissenschaftliche Erklärung der Entstehung des Karrenphänomens geben, aber doch manche schätzenswerte Punkte, die bei einer geschichtlichen Darstellung nicht übersehen werden dürfen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß der Volksglaube überall, wo sich Düsteres, Ungewöhnliches, Unerklärliches zeigt, die Einwirkung übernatürlicher Geister voraussetzt. Auch bei den Karren nimmt er seine Zuflucht zu infernalischen Mächten. Wie wir bei der etymologischen Betrachtung des Wortes »Schratten« sahen, hängt mit ihm eng der Ausdruck »Schrättle« zusammen, das sind wilde, rauhe, zottige Geister. Wie »Schermäuse« durchwühlen sie den Erdkörper, der ihnen ein »Nichts« ist; die Karren sind so durch ihr Ausbohren und Durchbrechen der Gesteine entstanden. Von den anderen Sagen, die an die Schratten geknüpft sind, heben wir die heraus, die vor allem die Bildungsweise der Karrenfelder berücksichtigen. — Das Schweizervolk erzählt sich von der Schrattenfluh im Entlibuch, daß sie dereinst eine schöne Alpenweide gewesen sei, die von zwei Brüdern verwaltet wurde. Als der eine der Brüder erblindete, wurde dem anderen die Teilung der Alpenweide übergeben, der dies zu seinem Vorteil benutzte, indem er sich das beste Stück nahm und dazu die Marksteine noch falsch setzte. Als dies der Blinde erfuhr, setzte er seinen ungerechten Bruder zu Rede und Antwort. Dieser verschwor sich aber, daß der Teufel ihn holen und die Alpenweide zerreißen solle, wenn er nicht recht geteilt habe. Kaum hatte er es gesagt, entstand ein furchtbares Gewitter, und der Teufel erschien, um den Schwur zu erfüllen. Der blinde Bruder behielt seine Weide unversehrt, der ungerechte aber verfiel der Hölle, und von seiner Weide riß der Teufel alle Rasen und alles nutzbare Erdreich hinweg in so gieriger Weise, daß noch heutigen Tages die Spuren seiner Krallen im Gestein in Gestalt jener Karrenrinnen und Karrenrisse erblickt werden. — Außer dem Motive, das Karrenphänomen zu erklären, liegt in dieser Sage noch ein tieferer und ernsterer Sinn darin: Die unverständige Menschenhand, die die Wälder ausrodete,

[1]) Die Geschichte über die Auffassung von der Entstehung der Karrenfelder, wie sie sich nach dem Stande der Forschung bis zum Jahre 1895 ergab, habe ich bereits ausführlicher behandelt: Das Karrenproblem. Die Geschichte seiner Lösung. Zeitschrift der Naturwissenschaften. Leipzig 1895. 68. Bd., S. 321—432. (Auch als Separatschrift erschienen 1895).

daß der Boden in Kahlheit und Öde starrt und den Unbilden und zerstörenden Einflüssen jeglicher Witterung preisgegeben ist, sie ist die Teufelsfaust, die so manche Berge und Gegenden verdorben hat.

Neben oder nach den sagenhaften Erklärungsversuchen unseres Phänomens machen sich auch solche geltend, die nicht mehr ganz dem Bereiche der Phantasie angehören, sondern schon Verstandestätigkeit voraussetzen. Sie mußten sich naturgemäß dort zuerst bilden, wo der Mensch schon seit langer Zeit mit den Karrenfeldern fast in unmittelbare Berührung kam. Im Kanton Luzern war der Boden dazu besonders geeignet. Dort hielt man die Schratten bis zum Ende des 18. Jahrhunderts für »verbrannte Berge«. Diese Ansicht reicht gewiß auf sehr alte Zeit zurück; leider läßt sie sich literarisch nicht weiter als bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts verfolgen. Die Abgründe, die Höhlen, die Trichter, die größeren vor allem hielt man für Feuerschlünde. Die in der Nähe der Karren sich befindenden losen Steine, die an der Grenze nach der Waldregion zu gewaltige Größe erreichen können, die im großen und ganzen auch dieselbe Oberflächenbeschaffenheit zeigen wie Karrenfelder, waren Anregungen, im Volke den Glauben an ausgeworfene Bestandteile feuerspeiender Berge zu erwecken.

Wenn ich die erste Periode der Geschichte des Karrenphänomens mit den Jahren 1700 und 1780 begrenze, so streckt auch schon die exakte Forschung einige wenige Fühler in diesen ersten Zeitraum hinein. Die ersten Spuren nach dieser Richtung finden wir wieder in der Schweiz. Da die Karren vorzugsweise eine typische Oberflächenform der Alpen sind, und die Alpen zum größten Teile von deutschen Völkern bewohnt werden, so ist es natürlich, daß die Geschichte der Karrenbildung wesentlich eine Geschichte deutscher Forscher ist; unter den angrenzenden Völkern nehmen die Franzosen an der Karrenerforschung den größten Anteil; an sie reihen sich erst später Serben und Ungarn und ganz vereinzelt auch Nordländer.[1])

Verfolgen wir die Entwicklung des wissenschaftlichen Lebens der Schweiz, so heftet sich an den Namen »Scheuchzer« eine ernstere physische Erforschung der Schweiz. J. Jacob Scheuchzer (1672—1733) bereiste zuerst mit mathematischen und physikalischen Instrumenten die Schweiz. Er beobachtete fleißig. Es lag daher die Veranlassung nahe, in seinen Werken nach Beobachtungen über Karrenfelder anzufragen. Meine Erwartungen sollten bestätigt werden, denn in seiner »Beschreibung der Naturgeschichte des Schweizerlandes«[2]) vom Jahre 1708 finden sich die von ihm besuchten Karren der Gemmi beschrieben, wenn sie auch noch nicht als »Karren« bezeichnet werden. Die Stelle dieses Werkes ist zu interessant, als daß sie nicht eine wörtliche Wiedergabe verdiene. »Nebst disem See (»Dauben- oder Dubensee«, jetzt »Taubensee«) beliebe der curiose Reisende in acht zu nemmen Wällenförmige, in die harten Felsen eingetrukte Hölen, welche villeicht denen Sündflut Wellen, als sie über dise annoch weiche Gebirge hergefahren, zuzuschreiben seyn; wann wir nicht wollen dise Unebenheiten der Felsen zuschreiben dem Schnee-Wasser selbs und sagen, das auch dises könne durch langes Stillstehen in solchen Grüblein die Felsen erweichen, oder mit seinem Abfluß über höhere Felsen dieselben aushölen. Ich hab der gleichen Aushölungen hin und wider angetroffen auf den Spitzen hoher Alpgebirgen, und schreibe sie eher zu der ersten, als letztangebrachten Ursach.« Ein eigentümlicher Zufall ist es, daß gerade am Anfang der Geschichte der Entstehung

[1]) J. H. L. Vogt: Dunderlandsdalens jernmalmfelt. Norges Geologiske Undersögelse. Christiana 1894. N. 15, S. 16, 91.

[2]) Scheuchzer: Beschreibung der Naturgeschichte des Schweizerlandes. Dritter Teil. Enthaltende vornemlich eine Ueber die höchsten Alpgebirge An. 1705 gethane Reise. Zürich 1708, S. 139.

des Karrenphänomens schon die Keime der zwei großen Richtungen, die im folgenden Jahrhundert eine so große Bedeutung gewinnen und sich heute noch großenteils gegenüberstehen, mehr oder minder vorgebildet sind. Ich meine die Richtungen, die einmal die mechanische Erosion, das andere Mal die chemische für die Karrenbildung verantwortlich machen.

Das Wissen über die physische Beschaffenheit der Alpen ist von Scheuchzer ab bis über die Mitte des 18. Jahrhunderts fast stationär geblieben, bis erst mit Saussure ein außerordentlicher Aufschwung in der Erforschung der Natur des Hochgebirges gewonnen wurde. Übergehen wir seine Bedeutung für die geographische Wissenschaft und blicken wir gleich auf die Frucht seiner Alpenstudien, die er in den ausgezeichneten »Voyages dans les Alpes« niedergelegt hat. Darin nimmt er ein paarmal Gelegenheit, von den Runsen der Kalksteinoberfläche gewisser Gebiete zu reden.[1] Die Bildung der Furchen mit ihren am Rande rundlichen Krümmungen weist er der mechanischen Wirkung des Wassers zu. Er nimmt einen großen Strom an, der über das Gestein die Wasser mit großer Gewalt führte. Regenwirkung ist ganz ausgeschlossen. Die Rinnen, Aushöhlungen, die nach verschiedenen Seiten gehen, erklärt Saussure durch Nebenströme (remoux). Leider fehlt seiner Theorie der Nachweis für die Möglichkeit eines großen Stromes an jenen beschriebenen Stellen des M. Salève.

In dem erklärenden Text eines Bilderwerkes[2] vom Jahre 1780 wird der schrundigen Oberfläche der Gemmi gedacht. Diese herrliche Bildersammlung bemüht sich, alpine Landschaften, sogar alpine Probleme dem Leser anschaulich vorzustellen. Die Entstehung der Hohlkehlen, Falten und Risse an der Gemmi werden der Neigung der Felsoberfläche, den Wassern, dem Froste und dem Temperaturwechsel zugeschrieben. Das ist die beste ältere, jedoch auch kürzeste Erklärung der Karrenfeldbildung.

In demselben Jahre, da die Arbeit von De la Borde erschien, beginnen ausführlichere und genauere Anschauungen durchzudringen, über die uns die folgende Periode, die vom Jahre 1780 bis 1830 reicht, belehrt. Man beschäftigt sich nicht mehr so nebenbei mit morphologischen Phänomenen, sondern fängt an, mit kritischer Methode selbst die kleinste Bodenform zu beobachten und zu erklären. Der wahrhaft ersten und eingehenden Schilderung des Karrenphänomens begegnen wir bei Schnyder von Wartensee. Er beschreibt in einem Sonderaufsatz[3] die Schratten (sing.) oder die Schrattenfluh, oder den Schrattenberg, der südsüdwestlich zwei Stunden von dem Dorfe Schüpfen oder Schüpfenheim liegt, dem Hauptort der Landschaft Entlibuch im Kanton Luzern. Auf das »Schreckhafte« und »nicht fürchterlich genug Abzuschildernde« der Schratten weist er mehrfach hin. Die Steine der Schratten sind bald mehr horizontal, bald mehr vertikal und oft durchlöchert. Viele schneiden fast wie Messer, daß man beim Darübergehen sehr sorgfältig auftreten muß. Das Verhältnis der Schratten zum Menschen, zum Pflanzen- und Tierleben wird berücksichtigt. Bei seinen Betrachtungen über die Entstehung der Schrattenfelde weist Schnyder zunächst den Irrtum zurück, daß die Schratten vulkanisch seien Die »zerschrundeten, zerspaltenen, zerhackten, zerrissenen, zerborstenen, zerlöcherten Gestalten« sind die Ergebnisse von einst darüber gestandenen und abgezogenen

[1]) Saussure: Voyages dans les Alpes T. P. § 221—224. Genf 1779.

[2]) Tableaux topographiques, pittoresques, physiques, historiques de la Suisse. (Ein Sammelwerk, herausgegeben von De la Borde.) Paris 1780.

[3]) Schnyder (Schnider oder Schneider) von Wartensee: Geschichte des Entlibuches. Luzern 1781/82. II. Teil. S. 20, 22. — Besondere Beschreibungen etlicher Berge des Entlibuches. Luzern 1783. Die Schrattenfluh, S. 1—17.

Gewässern. Dies erlaubt den Schluß, daß sich Schnyder den Vorgang der Karrenbildung mechanich dachte.

Stalder[1]) erwähnt auch die Schratten des Entlebuches, ohne auf ihre Entstehung einzugehen.

J. G. Ebel[2]) beschreibt die Karren der Gemmi in seiner »Anleitung, die Schweiz zu bereisen«, einem Buche, das vor reichlich hundert Jahren in erster Auflage herauskam und das Vorbild und großenteils die Schatzkammer der vielen roten Bücher wurde, die wir heute in den Händen aller Reisenden gewahren. An den wunderlich schlängelnden Vertiefungen und platten Erhöhungen der Karrenfelder gewinnt er einen Beweis für das Vorhandensein früherer großer Gletscher. In tausend Windungen rinnt unter allen Gletschern das Schmelzwasser und löst nach und nach die Oberfläche der Felsen in seinem Laufe auf; dabei sinkt das Bett der kleinen Bäche immer tiefer, und die Felsteile, die dazwischen liegen, erheben sich notwendig als plattenförmige Erhöhungen.

Von C. Escher[3]) wissen wir nur, daß er auf seinen vielseitigen und ausgedehnten Alpenwanderungen Karren beobachtet hat, die er durch Wasser entstanden erklärte, das vom schmelzenden Schnee auf den unter demselben liegenden Kalkfelsen abtröpfle. Literatur hierüber hat er nicht hinterlassen, wie auch S. Studer[4]) nicht, der Vater von B. Studer. Ihm wird das Verdienst zugewiesen, zuerst genauer nach der Ursache der Karrenerscheinung geforscht zu haben, »deren Ermittelung jedoch nach seinem eigenen Geständnis ihm nicht gelang« (Keller).

Hirzel,[5]) ein Freund Eschers, hat uns Untersuchungen hinterlassen, die einen großen Fortschritt für die Auffassung des Karrenphänomens bedeuten. Drei zusammenwirkende Ursachen macht er für die Bildung der Karrenfelder verantwortlich. Erstens: Lage und Höhe des Gebirges; zweitens: Schichtung und Zerklüftung der Felsmasse und drittens: Verwitterungsart derselben. Je nach dem Zusammenwirken dieser erwähnten Ursachen in gewissen Richtungen bestimmt sich die mehr oder minder auffallende Form der Karrenfelsstruktur. Hierzu gibt Hirzel weitere Ausführungen und vergleicht das ganze Felsenfeld mit einem System von Tälern. Für die messerartigen Schärfen der Karrengrate führt er die Erklärung ins Feld, daß sie durch die hier oben am stärksten wirkende Verwitterung abgefressen werden, während die Verwitterung in der Tiefe nicht von gleicher Kraftleistung ist. Über die Beziehung der Karrenfelder zu den Quellen läßt Hirzel sich als ein Erster vernehmen. Auf induktivem Wege, der sich ihm durch seine sorgfältigen Beobachtungen der kleinsten morphologischen Erscheinungen der Erdoberfläche zeigte, gelangt er zu dem, einen weiteren Fortschritt in der Auffassung des Entstehens der Karrenfelder bedeutenden Vergleiche, daß die Schrattenfelder ein Bild der durch atmosphärische Einwirkungen verursachten Durchfurchung und Auswaschung unserer gesamten Erdoberfläche seien, welchem Bilde im kleinen zur Darstellung der mannigfachen Modifikationen des Großen nichts weiter fehlte als die verschiedene Beschaffenheit und Verwitterungsart der Felsmassen, die geringere oder größere Bedeckung durch die Vegetation und die große Verschiedenheit der Temperatur auf den Höhen gegenüber der in den

---

[1]) Stalder: Fragmente über Entlebuch. Zürich 1797.

[2]) Ebel: Anleitung auf die Nützlichste und Genußvollste Art in der Schweiz zu Reisen. 1793. — Über den Bau der Erde in den Alpengebirgen. Zürich 1808, S. 396.

[3]) C. Escher. Kein schriftlicher Nachlaß; Bemerkungen über ihn bei Keller und O. Heer.

[4]) Studer (Vater von B. Studer). Kein schriftlicher Nachlaß über Karren. Bemerkungen über ihn bei Keller.

[5]) Hirzel (auch Hirzel-Escher): Wanderungen in weniger besuchte Alpengegenden der Schweiz und ihrer nächsten Umgebung. Zürich 1829, S. 118, 122—128.

Tiefen. Durch all seine scharfsinnigen Darlegungen dokumentiert sich Hirzel als der Forscher, der zuerst tiefer in das Wesen der Karren eingedrungen ist.

Je tiefer und wissenschaftlicher man über das Problem der Karrenbildung nachdachte und sich darüber klar zu werden versuchte, um so schroffer stellten sich zwei Anschauungsrichtungen gegenüber. Die einen Forscher schrieben und schreiben die Karrenbildung der chemischen Erosion zu, die anderen der mechanischen. Der Grund dieser mit einem Male bestimmt auftretenden Differenzierung bei den Karrenentstehungsarten ist nicht bei einem alpinen Forscher zu suchen, sondern bei Lyell und zum Teil bei De la Beche.[1]) Beide wurden epochemachend für die Geologie durch die Lehre, daß alle Veränderungen, die die Erdoberfläche erlitten hat, das Produkt noch gegenwärtig wirkender Kräfte sind. Lyell spricht in seiner Geologie mit scharfem Nachdruck von der Entziehung mancher Bestandteile der Gebirgsarten, besonders des Kalkes durch die auflösende Kraft der Kohlensäure. Diese Ansicht gewann eine außerordentlich schnelle Verbreitung, und sie spielt eine wichtige Rolle bei den Darstellungen über die Schrattenentstehung, nicht allein in der dritten Periode von 1830—1870, sondern auch heute noch.

In der Schweiz war es vor allen anderen Arnold Escher von der Linth,[2]) der der Meinung war, daß nur chemische Auflösung, also die Zersetzung des Kalksteins durch Kohlensäure, die Karrenfelder geschaffen habe. Er hat aber zum größten Unglück der Wissenschaft fast gar nichts veröffentlicht. Der berühmte Züricher Geologe A. Heim schreibt mir: »Der größte Beobachter aber hat nichts publiziert!« Von A. Escher stammt der Vergleich der Karren mit »Orgelpfeifen«. Daraus hat sich aber hin und wieder ein Irrtum ergeben, insofern die Karren mit den geologischen Orgeln, die von Noeggerath sehr gut behandelt vorliegen, verwechselt werden, höchstens kann man gewisse Karrenbrunnen und Karrenröhren so bezeichnen.

Mit A. Escher stimmen über die Karrenbildung durch die rein chemische Erosion des Regen- und Schneewassers die Gebrüder Schlagintweit überein. Von den kesselförmigen Vertiefungen und Einsenkungen, die auf den Karrenfeldern zu finden sind, sagt Adolph Schlagintweit: »Ihre Bildung wird hauptsächlich durch die zahlreichen Klüfte im Innern des Gebirges möglich; sie gestatten dem Regen- und Schneewasser, nachdem es den kohlensauren Kalk aufgelöst hat, einen unterirdischen Abfluß am Boden der verschiedenen Trichter.«[3])

---

[1]) Die bestimmte Differenzierung von mechanischer und chemischer Erosion hat zuerst ein deutscher Gelehrter, von Hoff, genauer ausgeführt (1822) in: Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen Veränderungen der Erdoberfläche. Hierin spricht er auch den Gedanken aus, daß alle Veränderungen, die die Erdoberfläche erlitten hat, das Produkt noch gegenwärtig wirkender Kräfte sind. Die von Hoff aufgestellte Lehre, daß alle Erdoberflächen-Veränderungen fortdauernd sind, vergaß man, und sie wurde als neue Lehre epochemachend durch Lyell. Auch in der »Geognosie« von De la Beche (1834) hören wir bereits von den gegenwärtigen Bildungen und fortdauernden Zerstörungen des Festlandes. Er sagt noch, daß wohl die mechanischen Einflüsse, die Felsenstücke von den Gehängen in die Täler fortreißen, offenbar sind, aber fast unvollkommen die chemischen Wirkungen der Luft und des Wassers auf die Gesteine. Nachdem jedoch Lyell aussprach: »Springs which are highly charged with calcareous matter produce avariety of phenomena of much interest in geology. It is known that rain-water collecting carbonic acid from the atmosphere has the proporty of dissolving the calcareous rocks over which it flows«, gewann die Ansicht von der auflösenden Kraft der Kohlensäure im atmosphärischen Wasser neben allgemeiner Verbreitung auch allgemeine Geltung, was bei der weitverbreiteten Kenntnis seiner »Principles of Geology« kein Wunder nahm.

[2]) A. Escher: Geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden. Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften. Zürich 1853, S. 18, 55, 58, 90. — Vergl. auch: O. Heer: Arnold Escher von der Linth, Lebensbild eines Naturforschers. Zürich 1873, S. 195, 212.

[3]) Schlagintweit: Untersuchungen über die physikalische Geographie und die Geologie der Alpen. II. Bd., 1854. S. 521.

Die chemische Erosion durch Regen- und Schneewasser wurde erweitert durch die der Schmelzwässer der Gletscher. Ad. Schaubach[1]) bringt die Karren nur mit dem Gletscherphänomen in Beziehung.

In unserer dritten Periode treten auch die Anfänge von Beobachtungen über Karren im Karst auf. Es sind meist kürzere Notizen bei Zippe[2]), Boué[3]) und Zittel[4]), die für die Karstkarren chemische Erosion mit Ausschluß der Wirkung von Gletscherwassern annehmen.

Neben den oben genannten Forschern, die für die Karrenbildung die reine chemische Erosion voraussetzen, gibt es solche, die daneben die mechanische gelten lassen, so z. B. B. Studer.[5]) Für das Verstehen Studers müssen wir von vornherein bemerken, daß er unter Erosion überhaupt den vereinigten Einfluß der rein mechanischen, d. h. einzig aus der Schwere hervorgehenden, und der molekularen oder chemischen Wirkung auf die Zerstörung des Festen auf der Erde versteht. Mithin unterscheidet er nicht beide Auflösungsarten bei der Karrenbildung. Geringe Abweichungen in Härte und Lösbarkeit sind die Grundbedingungen für eine Bildung von Rinnen, die das abträufelnde Wasser einer Schneedecke mehr und mehr zu Kanälen vertieft und erweitert. Er wendet sich gegen die Gletscher- und Regenwassertheorie; von diesen besagten Wassern meint er — und in dieser schroffen Vertretung steht er einzig da —, daß ihnen die den Kalk auflösende Kohlensäure fehle. Es scheint, als ob Studer sich ganz an Keller (S. 39 ff.) anlehne, nur daß er dessen Ansichten nach der Seite der chemischen Erosion hin erweitert. Wie Keller nimmt er auch keine Karren im Jura an.

Verwirft Studer die Gletscher als Faktor zur Formenbildung der Karren, so stellt sie Charpentier[6]) in den Vordergrund seiner Betrachtungsweise. Für ihn sind die Karrenfurchen ein sicheres Zeichen für die alte Ausdehnung der Gletscher; je nachdem das Wasser breit oder fadenförmig auf das Bett eines Gletschers, das aus einer kompakten, homogenen Masse besteht, herabstürzt, verursacht es verschiedenartig weite Klüfte. Mit Nachdruck hebt Charpentier hervor, daß der Vorgang der Karrenrinnenbildung niemals auf Granit, Quarzitschiefern oder glimmer- und talkartigen Schiefern, fast nie auf gemengtem Kalk von Sand oder Tonerde vorkommt.

Auf Charpentier beruft sich E. Desor;[7]) doch warnt er, die Karren als unwiderlegliche Zeugen von ehemaliger Anwesenheit der Gletscher anzusehen, da man Karrenfelder kennt, die sich sozusagen unter unseren Augen bilden, wie z. B. die in den alten römischen Steinbrüchen zu Aix in Savoyen. Er bringt die Karrenbildung mit großen klimatischen Veränderungen zusammen; leider verfolgt er diesen interessanten Gedanken nicht weiter.

---

1) Schaubach: Die deutschen Alpen. I. Teil. 2. Auflage. Jena 1871, S. 596.

2) Sehen wir ab von der Erwähnung einer kontinuierlichen Karrenzone an der Kalkküste der Peloponnes, welche Karren wir »Brandungskarren« nennen könnten, in der »Notice sur les altérations des roches calcaires du littoral de la Grèce« (Journal de géologie, 1831, III. Teil, S. 152, 156) von Boblaye, so finden wir den ersten ausführlicheren Bericht über die Karren des Karstes in dem Anhang zu Schmidls Werk: Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas (1854), dieser Anhang stammt von Zippe und ist betitelt: Einige geognostische und mineralogische Bemerkungen über den Höhlenkalkstein des Karstes.

3) Boué: Über die Karst- und Trichterplastik im allgemeinen. XLIII. Sitzungsb. der k. Akademie der Wissenschaften in Wien, 1861, S. 9.

4) Zittel: Die Morlakei und ihre Bewohner. Österreichische Revue, 1864, S. 227.

5) B. Studer: Lehrbuch der Physikalischen Geographie und Geologie. I. Bd. Bern, Chur und Leipzig 1844, S. 340, 341. — Geologie der Schweiz. II. Bd. Bern und Zürich 1853, S. 57, 76, 103, 129. — Notiz über die Karrenfelder. Jahrb. des Schweizerischen Alpenklubs., 1873/74, IX.

6) Charpentier: Essai sur les Glaciers. Lausanne 1841, § 35, S. 101 f.

7) Desor: Der Gebirgsbau der Alpen. 1865, S. 106.

Tschudi[1]) konnte in seinem klassischen Buche über das Tierleben der Alpenwelt die Karrenfelder nicht vergessen. Diese vergleicht er wie Hirzel mit dem schrundigen und durchfurchten Gletscherfelde; die verschiedenartige Gestalt der Karren bedingt die Schwere ihrer Beschreibung. Die Schrattenbildung ist von der eigentümlichen Verwitterungsform des Kalksteins abhängig. Ob nun die Karrenbildung in dem stark kalk-, spat- und quarzhaltigen Greenkalk wabenartig ist oder sich in streifen- und muschelartigen Vertiefungen und labyrinthischer Zerfressung, Durchlöcherung, — wenn der Kalk mit Kalkspatbändern oder mit Versteinerungen und Eisenkies durchzogen ist —, zeigt, so werden doch immer die weicheren, erdartigen Kalkbestandteile zuerst aufgeweicht, ausgespült und ausgebohrt, während die beigemengten härteren Teile, wie Kieselchen, Muschelfragmente, der Verwitterung viel länger trotzen.

C. W. Gümbel[2]) hat wenige, aber treffliche Notizen über die Karrenfelder hinterlassen; obwohl er durch seine Grundzüge der Geologie chronologisch in die nächste Periode ragt, sind doch seine Grundanschauungen über die Karrenfelder vor dem Jahre 1870 fundiert. Er spricht schon 1856 von der Karrenbildung als einer höchst merkwürdigen Verwitterungserscheinung, als einem augenscheinlichen Beispiel großartiger Erfolge, die »durch gering wirkende Kräfte im Laufe unberechenbarer Zeiten hervorgebracht werden können«. Durch die Einwirkung der Atmosphärilien, vorzüglich der Regen- und Schneewässer werden mächtige Massen des weicheren und erweichten Gesteins fortgeführt, festere Gesteinsmassen aber unterhöhlt und zum Abstürzen oder Zusammenbruch veranlaßt. Die Furchen entstehen am liebsten auf einer horizontal ausgebreiteten, unbedeckten, plattenförmigen Kalkfläche, sie verlaufen neben- und ineinander, nur selten zu einem größeren Taleinschnitte sich vereinigend. Von Interesse sind Gümbels Worte: »Es erscheinen im Kalke dieselben Arten (und Formen) der Rinnen und Furchen, welche sich an dem zerklüfteten Eise zu Spalten erweitern, dieselben scharfen Schneiden und Spitzen, zu welchen das Eis sich auszackt, dieselbe Kannelierung der abfallenden Wände, welche wir auf Klüften des Eises in analoger Form wiederfinden.« So sind die Wirkungen in ihrer äußeren Erscheinung fast die nämlichen, während nur Stoff und Zeit andere sind. Die Beziehungen der Karren zu Gletschern erwähnt Gümbel gar nicht.

Das bedeutendste, was in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts in betreff der Auffassung des Karrenphänomens geleistet worden ist, finden wir in dem sogenannten Züricher Neujahrsblatt vom Jahre 1840 als »Bemerkungen über die Karren oder Schratten in den Kalkgebirgen« (von Ferdinand Keller).[3]) Diese Arbeit ist die erste für sich bestehende wissenschaftliche Monographie unseres Phänomens. Neu ist Kellers Versuch, die Schratten zu klassifizieren, und zwar nach ihrer Form. Fünf am häufigsten wiederkehrende Verwitterungstypen findet er heraus. Bei der Bildung

[1]) Tschudi: Das Tierleben der Alpenwelt. 8. Auflage, S. 208 ff. Fast dieselben Ansichten wie Tschudi reproduziert Berlepsch: Die Alpen. 2. Auflage, S. 29—34. — Schweizerkunde. Braunschweig 1875, S. 98, 106, 112, 249. Eines der Charakterbilder aus den Schilderungen der Alpenwelt beschäftigt sich mit den Karren. Nichts Neues wird abstrahiert. Dieselbe Schilderung kehrt noch einmal wieder bei Umlauft: Die Alpen, Handbuch der gesamten Alpenkunde. 1887, S. 396—399.

[2]) Gümbel: Beiträge zur geognostischen Kenntnis von Vorarlberg und dem nordwestlichen Tirol. Jahrb. der geol. R.-A. VII, 1856, S. 5, 6. — Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha 1861, S. 266, 269, 322, 347, 383, 386, 539, 540, 541. — Geologie von Bayern. I. Bd.: Grundzüge der Geologie. Kassel 1888, S. 269—271, 294, 873. II. Bd.: Geologische Beschreibung von Bayern. Kassel 1894, S. 78, 82, 105, 107, 208, 211, 218, 221, 222, 226, 227, 229.

[3]) Keller: Bemerkungen über Karren oder Schratten (romanisch: Lapies) in den Kalkgebirgen. Neujahrsblatt der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft auf das Jahr 1840. XLII. Stück.

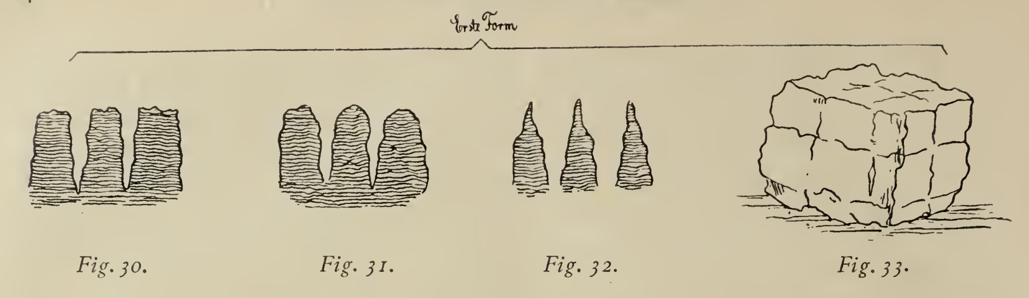


Fig. 30. *Fig. 31.* *Fig. 32.* *Fig. 33.*

der ersten Hauptform nimmt er eine Karrenfläche von geringer Neigung an, in die die Regentropfen Rinnen furchen oder schon durch die Zerklüftung des Gesteins gegebene Spalten erweitern. Da aber die Regentropfen auch von der Seite angreifen, werden die scharfen Kanten zerstört, und die anfangs schroff abfallende obere Fläche wird abgerundet. Diese geht nach und nach in einen keilartig zulaufenden, an Schärfe der Schneide eines Messers gleichkommenden Grat über. Bei den freistehenden Blöcken kommen die Karren sowohl an den Seiten wie an der Oberfläche vor. Ich gebe zugleich die entsprechenden Zeichnungen Kellers wieder (Fig. 30—41). Die zweite Karrenform hat mit der ersten ähnlichen Ursprung, nur daß sie mehr an solches Gestein gebunden ist, dessen Absonderungsspalten stellenweise mit härteren und weicheren Substanzen, als der Kalk ist, z. B. mit erdigen Stoffen und wiederum mit Kalkspat angefüllt sind. Wird nun die weichere Materie von dem atmosphärischen Wasser weggespült, so entsteht ein Loch.

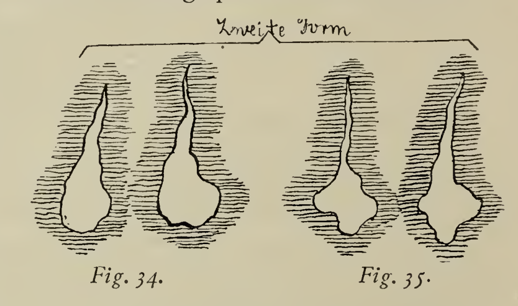


Fig. 34. *Fig. 35.*

Diese Höhlen entstehen da am besten, wo zwei Gesteinsabsonderungen sich quer durchschneiden, und die anfänglich kreuzförmige Höhlung wird mit der Zeit eine rundliche. Sind die beiden ersten Formen vorwiegend durch die Absonderungen und Zerklüftungen des Gesteins bedingt, so nicht die dritte Form, die Keller lediglich der Einwirkung des fließenden Wassers zuschreibt. Die unregelmäßig verbreiteten kleinen Sprünge begünstigen die Bildung dieser Schratten. Sie laufen geradlinig nach der Tiefe zu und erweitern sich daselbst kreisförmig. Der Grund der Erweiterung liegt in dem herabfließenden Wasser, das auch seitwärts seine Kräfte äußert und infolgedessen die Löcher hervorbringt, die man an den Seiten der Scheidewände oft bemerkt. Die vierte Karrenform bildet sich gleichfalls meist am Grate oder an der Abdachung schon ausgebildeter Karrenwände und repräsentiert sich als eine Reihe von Kanälchen oder Hohlkehlen, die sich in ihrem Fortgange nicht erweitern, sondern stets miteinander parallel der Tiefe zulaufen. Auf einer aufwärts gerichteten Karrenkante widersteht irgendwo ein kleiner Gegenstand, etwa ein Muschelfragment oder ein Kieselchen, das härter als Kalk ist, der Zerstörung, während die ihn umgebenden weicheren Bestandteile erniedrigt werden. Mit der Entstehung des ersten und zweiten Rinnenbettes ist bereits ein drittes und viertes entstanden, indem der ersten Hervorragung gegenüber sich rechts und

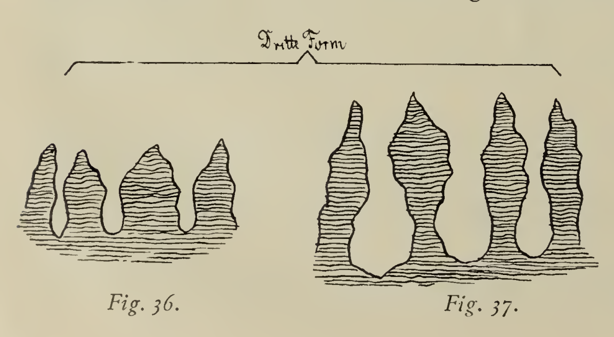


Fig. 36. *Fig. 37.*

links als entgegengesetzte Ufer der Gräben neue Vorsprünge erheben müssen, wobei die Härte oder Weichheit des Steines gleichgültig ist. Da der auffallende Regentropfen eine mehr »rundlichte« oder »länglichte« Figur je nach der Neigung der Fläche beschreibt, so ist die Rinne durch den zerplatzten Regentropfen bedingt. Ein Neigungswinkel von 60 bis 65° scheint für die Bildung dieser kleinen Schratten am günstigsten zu sein, da sie bei einer vertikalen Lage der Gesteinsfläche verschwinden. Die fünfte Karrenform verdankt ihren Ursprung »bald den kleineren Spalten, die regellos das Gestein durchziehen und entweder beim Austrocknen des Kalkes oder beim Bruche der Schichten des Minerals durch Erderschütterungen und Erhebungen entstanden sind, bald dem Umstande, daß fast aller Kalk, besonders der Versteinerungen in sichschließende, aus einer Mischung härterer und weicherer Teile besteht.« Die Aushöhlungen, die dem Felsen ein von Würmern zerfressenes Aussehen geben, sind verschieden groß, oft aber nicht größer, als die in den Figuren dargestellten.

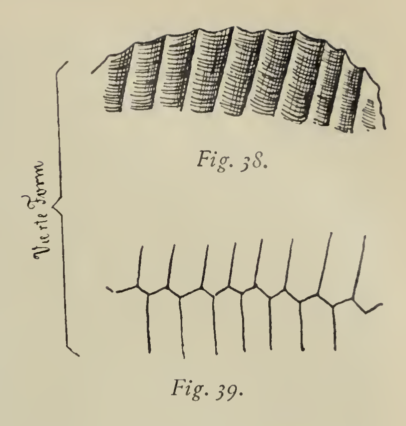


Fig. 38.

Fig. 39.

Beachtenswert für die Geschichte der physikalischen Geographie ist es, daß Keller die kraterartigen Vertiefungen, womit er dolinenähnliche Bildungen meint, für eine notwendige Folge der sich vergrößernden Karrenschächte hält. Ist das nicht eine erste Spur der Auffassung der Dolinenbildung des auch in unserer alpinen Zeitschrift wohlbekannten Oberbergrates von Mojsisovics.[1]) Dieser erblickt im Gegensatz zu Tietzes[2]) Einbruchstheorie in dem Entstehen des Dolinenphänomens nur eine besondere, durch tektonische Vorgänge begünstigte Form der atmosphärischen Erosion.

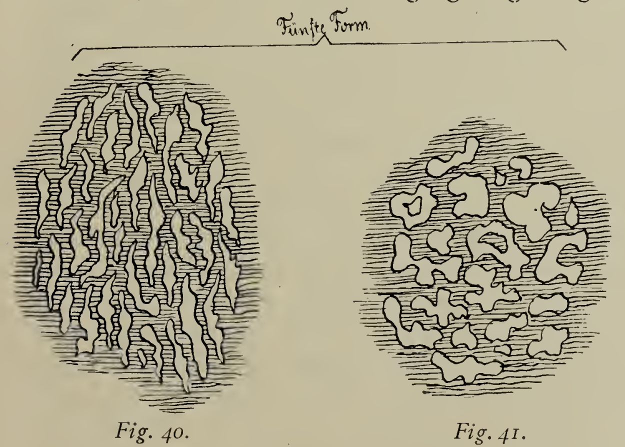


Fig. 40. *Fig. 41.*

Nicht allein die Ansichten der Anhänger der chemischen Erosion in Bezug auf Karrenbildung kontrastieren, sondern noch vielmehr die der Vertretung der mechanischen Zerstörung. Der Gegensatz innerhalb dieser letzteren Richtung wird nicht größer ausgedrückt als durch die Namen Keller und Agassiz — Regen und Gletschererosion.

Agassiz[3]) findet in dem Auftreten von Karren eine will-

[1]) E. v. Mojsisovics: Zur Geologie der Karsterscheinungen. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., XI., 1880, S. 111—116. — Grundlinien der Geologie von Bosnien-Hercegovina. I. Teil: West-Bosnien und Türkisch-Kroatien, S. 44—46 und 60, 61. — Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Wien 1879.

[2]) E. Tietze: Geologische Darstellung der Gegend zwischen Carlstadt in Kroatien und dem nördlichen Teile des Kanals der Morlacca etc. Jahrb. d. G. R.-A., XXIII, 1873, S. 27—70. — Zur Geologie der Karsterscheinungen; ibid., XXX, 1880, S. 729—759. — Geologische Übersicht von Montenegro; ibid. XXXIV, 1884, S. 30 ff.

[3]) Agassiz: Etudes sur les Glaciers. Neuchâtel 1840, S. 294 ff — Système glaciaire ou recherches sur les Glaciers leur Mécanisme, leur ancienne Extension et le Rôle qu'ils ont joué dans l'Histoire de la Terre, par M. M. L. Agassiz, A. Guyot et E. Desor. Paris MDCCCXLVII, S. 582.

kommene Gelegenheit, um sie für unwiderlegbare Beweise der früheren Existenz von Gletschern an den Orten, wo sie sich finden, hinzustellen. Er weist auf die gut ausgebildeten Karren einer kleinen isolierten Kuppe, des Kirchets bei Meyringen, hin. Die Kuppe ist steilwandig und ihre bis 35 *m* breite Gipfelfläche zeigt die von Karren durchfurchten Blöcke. Agassiz nimmt weder eine Einwirkung des atmosphärischen Wassers an, noch die eines mit Säure geschwängerten Wassers, da er nicht überzeugt werden kann, wie solch »gesäuertes Karrenwasser« gerade auf solche, oft sehr kleine und isolierte Orte vom Himmel herabfallen soll und nicht auf andere Stellen der Umgegend. Bei der Annahme einer Eiszeit konnte Agassiz der Gedanke nicht so fern liegen, sie nicht bloß auf die eigentlichen Alpen, sondern auch auf weitere Gebiete auszudehnen. Es war gewiß sehr naheliegend, den Spuren einer Eiszeit im Jura nachzuspüren. Diese Spuren fand Agassiz in Karrenbildungen, die Keller in seinen Untersuchungen von vornherein verneinte. Von den Karren im Jura sagt Agassiz, daß sie sich vielfach dort finden, wo die atmosphärischen Niederschläge unmöglich eine derartige Rinnenbildung hätten ausschürfen können, wo nur zwischen Wänden, d. h. Eiswänden, Eisufern, eingedämmte Bächlein die Runsen hervorbringen konnten, und nur zu oft da, wo das Bodenrelief an sich schon ihnen ungünstig sein mußte. Er vergißt ferner nicht zu bemerken, daß sich in den Spalten der Jurakarren ziemlich oft Gerölle alpinen Ursprungs befinden. Die sichtbaren Unterschiede zwischen den »alpinischen und jurassischen Karren« bestehen in der orographischen Verschiedenheit beider Gebirgssysteme. Neben den stürzenden Wasserfällen in den Spalten des Eises nagen die unter dem Gletscher fließenden Gewässer die Karren und Wasserlöcher aus. Den letzteren Gedanken rückt Agassiz bei der Karrenbildung noch einmal in den Vordergrund in seinem Werke »Système glaciaire«, das die Frucht fortgesetzter alpiner Studien in Begleitschaft der Forscher Guyot und Desor war.

In der Mitte des 19. Jahrhunderts genoß J. G. Kohl[1]) ein großes Ansehen durch seine Reisebücher; sie lassen sich übrigens auch heute noch mit vielem Gewinn lesen. In seinen Alpenreisen spricht er über die Karrenfelder und deren Entstehung, die er lediglich auf mechanische Erosion der Gletscherwässer zurückführt. Er beschränkt sich nur auf alpine Karren, nicht auf jurassische.

Die vierte und letzte Periode (von 1870 bis zur Gegenwart) unserer Geschichte des Karrenproblems zeichnet sich von den vorhergehenden dadurch aus, daß man der Verbreitung der Karren eine größere Aufmerksamkeit schenkt. Die örtliche Verbreitung und natürlich auch die Entstehung durch irgend eine Art Erosion bilden die Krystallisationspunkte, an die sich die verschiedenen Auffassungen über die Karrenfelder wie Strahlen ansetzen. Der erstere Punkt tritt jetzt so in den Vordergrund, daß wir uns durch ihn für die Folge unserer Auseinanderlegungen haben bestimmen lassen. Die Forschungen, denen wir jetzt begegnen, stehen selbständig denjenigen der vergangenen Zeiträume gegenüber und nehmen oft vorteilhaft unter sich Beziehungen. Wohl sind viele wichtige Grundanschauungen in den vergangenen Perioden schon vertreten, — mehr, als jetzige Beobachter ahnten und ahnen, die verschiedenes Neue selbständig erforscht zu haben meinten, was aber bereits erforscht war, — trotzdem müssen wir doch die in diesem Zeitraum sich darbietenden Forschungen als neue ansehen, wenn sie auch von der Entwicklungsgeschichte aus betrachtet mehr Vertiefungen und Erweiterungen früherer Ansichten sind, was ja im Grunde genommen die logische Folge von Tatsachen ist, die wir Entwicklung nennen.

Eine Schwierigkeit begegnet uns gleich am Anfang der letzten Periode; die

---

[1]) Kohl: Alpenreisen. III. Bd. Leipzig 1851, S. 100, 101.

geschichtliche Stellung Simonys.[1]) Durch seine ersten Publikationen gehört er unstreitig zu den Vertretern der dritten Periode, jedoch rechtfertigen wir seine Berücksichtigung in diesem Zeitraum der Forschung damit, daß seine Hauptwerke, in denen er mehr oder minder auf Karren zu reden kommt, nach dem Jahre 1870 geschrieben sind. In seinem letzten und berühmtesten Werke, in dem »Dachsteingebiet«, hat er die Karren durch Wort und Bild fixiert, besonders durch letzteres. Nicht bloß mit einer scharfen Beobachtungs-, sondern auch mit einer künstlerischen Auffassungsgabe ausgerüstet, unternahm Simony seine Schrattenstudien auf dem zu diesem Zwecke begünstigten Dachstein- und Prielstocke. Er fand die einfachsten Formen in steil abfallenden Felsflächen, Formen, die unter sich und mit der Falllinie der Fläche parallele, halbrund ausgehöhlte Rinnen bilden, die wieder durch schneidige oder gekammte oder auch wieder abgerundete Karrenrippen voneinander getrennt sind. Auf wenig geneigten Flächen wird die Karrengestalt eine zusammengesetztere. Die Rinnen vertiefen sich wesentlich und sind mehrfach gewunden. In den regelmäßig abgerundeten Formen am Boden sind sich alle Karren gleich.

Die Frage nach der Entstehung der Karren beantwortet Simony zunächst negativ. Aus dem Umstande, daß die Karren nur innerhalb gewisser Grenzen auf dem Gebirgsterrain vorkommen, ergibt sich, daß sie weder durch Regenwasser, noch durch die Schmelzwasser des Winterschnees entstanden sind, weil sonst die Hohlformen bei gleichem Gestein überall hervorgebracht werden müßten, wo Regen und Schnee in gleicher Menge niederfallen. Quellen und andere zusammenfließende Sammelwasser können auch nicht die Karren geschaffen haben, weil letztere an Stellen oft vorkommen, wo die Existenz der ersteren völlig ausgeschlossen ist. Große fließende Gebirgswasser, Wasserfälle können auch nicht für die Karrenbildung angenommen werden, da diese sich oft auf Flächen zeigt, wo jene gar nicht wirken konnten.

Die positiven Resultate für die Entstehung der Karren durch die Schmelzwässer von früheren, einst weit ausgedehnten Gletschern sind diese: Die Karren haben eine beschränkte Verbreitung, da sie ohne Ausnahme innerhalb gewisser Grenzen auf den Kalkgebirgen zu finden sind; sie würden aber überall vorkommen, wenn sie von Schnee- und Regenwassern herrührten. Die Karren sind oft hoch mit Humus und Schutt bedeckt. Wenn durch eine bestimmte Rinne immer Wasser fließt, so zeigt sie keine anderen Raumverhältnisse als die benachbarte trockene Rinne; höchstens ist auf dem runden Boden wieder eine kleine Rinne ausgehöhlt, die aber im untergeordneten Verhältnis zur großen steht; beispielsweise wie 1 : 50.

War Simony zuerst durchweg der strengste Vertreter der mechanischen Gletschererosionen bei der Karrenentstehung, so sehen wir, wie er in seinem späteren Alter seine Ansichten erweitert hat und der chemischen Erosion des Regen- und Schneewassers bei der Schrattenbildung einen Anteil einräumt. So ist er von seinen früheren Gedanken, die Karrenerscheinung als eine durch die Eiszeit abgeschlossene Oberflächen-

[1]) Simony: Über die Spuren der vorgeschichtlichen Eiszeit im Salzkammergut. Berichte über die Mitteilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien; herausgegeben von W. Haidinger. I. Bd., 1847, S. 226—234, 243. — Über See-Erosionen in Ufergesteinen. Sitzungsbericht der K. Akademie der Wissenschaften in Wien, 1871, S. 198, 199. — Die Gletscher des Dachsteingebirges. Sitzungsbericht der K. Akademie der Wissenschaften in Wien 1871, S. 505, 524. — Die erosierenden Kräfte im Alpenlande. Jahrb. des Österr. Alpen-Vereins. VII. Bd. Wien 1871, S. 29—31, 41, 44. — Beiträge zur Physiognomik der Alpen. Kettlers Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie. V, 1885, S. 33, 37. — Das Schwinden des Karlseisfeldes nach fünfzigjährigen Beobachtungen und Aufnahmen, 1891, S. 16. — Das Dachsteingebiet. Ein geographisches Charakterbild aus den österreichischen Nordalpen. I. Heft, 1889. Erläuterungen zu den Tafeln V, VI, VII, IX, XIII. II. Heft, 1893. Erläuterungen zu den Tafeln XXIII, XL, XLIV, XLV. III. Heft, 1895. Erläuterungen zu den Tafeln LIX, XCV, XCVI, XCVII.

bildung zu betrachten, abgekommen und trägt der »besonderen Energie des rastlos nagenden Zahnes der Zeit« Rechnung, indem er von der Schrattenbildung sagt, daß sie »zweifellos begonnen hat, seit das Gebirge überhaupt als solches besteht« und im geringeren Maße von Hydrometeoren gefördert wird, »die ständig ihre erodierende Wirkung an den bloßliegenden Felsflächen üben«. Gewiß durch die sich immer breiter machende Heimsche Ansicht angeregt, ließ Simony für die in messerscharfe Grate und Zacken drohend emporragenden Karren die mechanische Erosion fallen, die er aber noch für die Karren mit abgerundeten Firsten, also für jene rundhöckerähnlichen und zumeist von ihm beschriebenen, vindiciert. Und wir erkennen trotz alledem, daß Simony als von Karren im eigentlichen Sinne nur von denen spricht, die durch die reichlichen, abschmelzenden Wassermassen einzelner Gletscher während einer langen Glacialperiode aus dem Boden herausgemeißelt sind. So bleibt denn im ganzen Großen Simony als ein erster Repräsentant der mechanischen Erosionstheorie unseres morphologischen Problems und speziell in der Frage der Karrenbildung eine Autorität, der kaum wie einer anderen so vieljährige und umfassende Erfahrungen in dieser Beziehung zu Gebote stehen.

Albert Heim,[1]) der bekannte Züricher Alpengeolog, hat viele Bemerkungen über Karren in den verschiedensten Publikationen gegeben. Seine Ansichten über Karrenbildung sind denen Simonys diametral entgegengesetzt, haben aber in der Wissenschaft die größte Verbreitung gefunden. Eine vergleichende Übersicht all seiner vorliegenden Untersuchungen ergibt, daß nach seiner Meinung die chemische Auflösung einzig und allein die Karrenfelder geschaffen hat. Heim schreibt für eine echte Karrenbildung den reinen Kalk vor, der aber nur scheinbar gleichmäßig ist, dessen Partien mehr oder minder leicht in dem kohlensäurehaltigen Regen- oder Schneewasser löslich sind. Wie Simony u. a. unterscheidet er je nach der stärkeren oder geringeren Neigung der Felsoberfläche zwei Karrentypen. Aus den Formen der Karren schließt Heim die notwendige Bildung auf chemischem Wege. Die Formen der chemischen Auflösung sind an die chemische Beschaffenheit des Gesteins gebunden, wobei die Spalten des Gesteins und die mechanische Wirkung ganz außer Betracht kommen. Daß die Karrenentstehung nicht auf mechanischem Wege vor sich gegangen ist, beweisen die Unregelmäßigkeit und die Rauheit der Karrenformen und die Tatsachen, daß die Karrenlöcher keineswegs die Gestalt von Strudellöchern und auf ihrem Boden keine Rollsteine haben, die als Feile gewirkt hätten, und daß die Karren ihrer sie bezeichnenden Formen verlustig gehen, sobald sie in unreinem Kalk, z. B. in kieseligem oder tonreichem Kalkstein entstehen sollten. Heim selbst schrieb mir in liebenswürdigster Weise einen längeren Brief über die Karrenangelegenheit, welche Zeilen für eine Veröffentlichung zu benutzen er mir gern erlaubte. So schreibt er in Bezug auf den vorher erörterten Punkt: »All die unbegreiflichen Behauptungen, daß mechanische Wasserwirkung, Gletscherwirkungen und noch anderes dabei beteiligt gewesen seien, werden eben nur dadurch begreiflich, daß

[1]) Heim: Über den Gletschergarten in Luzern. Luzern, 1874. — Einiges über die Verwitterungsformen der Berge. Neujahrsblatt der Zürich. Naturf. Gesellschaft auf das Jahr 1874. LXXVI, Zürich 1874, S. 9—10. — Derselbe Aufsatz kam später in etwas veränderter Gestalt heraus unter dem Titel: Über die Verwitterung im Gebirge. V. Bd., 5. Heft der öffentlichen Vorträge, gehalten in der Schweiz. Basel, 1879, S. 14—20. — Über die Karrenfelder. Jahrb. d. Schw. A.-Cl., 1877/78, S. 421—433. — Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluß an die geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe, Basel 1878. I. Bd., S. 259, 337, 338. — Handbuch der Gletscherkunde, 1885, S. 406—409. — Geologische Exkursion quer durch die östlichen Schweizeralpen. In: Livret-Guide Géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse dédié au Congrès géologique international. Lausanne 1894, S. 99, 101. — Ausführliche briefliche Mitteilungen an den Verfasser vom 10. Mai 1894.

sie geschöpft und entstanden sind nicht an echten reinen Karren, sondern an karrigen, dazu noch anders bearbeiteten Flächen.«

Die Bedingungen für die Karrenbildung sind am besten in der Nähe der untern Grenze der Schneeregion vereinigt, wo schmelzender Schnee den größten Teil des Jahres die Unterlage naß hält, also in der Höhe von 1900—2500 *m*. Demnach nimmt Heim ein örtliches Bedingtsein für die Schrattenbildung an, oder wie wir es im physikalisch-geographischen Sinn aussprechen: die Entstehung der Karren ist orographisch bedingt. (Selbstverständlich auch klimatisch.)

Nach der Betrachtung des Verhältnisses der Karren zu den Quellen und zu dem Humusboden gibt Heim eine ausführlichere über das Verhältnis zwischen Karren und Gletscher. Dieses faßt er als ein feindliches auf und gewinnt aus der Gegenstellung beider Phänomene das Ergebnis, daß die Karrenbildung seit der Eiszeit bedeutende Fortschritte gemacht habe. Das bezeugen ihm auch erratische Blöcke, die man hie und da findet und die von Karren durchfurcht sind, aber deren Riffe durch den bezeichnenden Gletscherschliff abgeebnet sind. Heim schreibt mir hierüber:

»Es gibt viele erratische Karrenblöcke mit Karrenbildung —, aber da sind zwei Arten zu unterscheiden: Bei manchen ist ein Karrenblock vorhanden, dessen vorspringendste Ecken Gletscherschliff mit Schrammen zeigen (Fig. 42). Da ist also ein Karrenblock unter den Gletscher geraten, und seine Ecken sind abgeschrammt worden; diese Karrenbildung ist älter als die Eiszeit und der Schliff ist erhalten geblieben ohne weitere Veränderung, weil der Block im Lehmgrund eingeschlossen war. Andererseits findet man erratische frei aufliegende Blöcke mit Karrenfurchen wie gekämmt in der Richtung des Abfließens der Regentropfen oder des Schmelzwassers. Da ist also die Furchung erst zu stande gekommen, seitdem der Block an diesem Ort in diese Lage gestellt worden ist, und diese Karrenbildung ist jünger als die Eiszeit. Der ganze Prozeß der Karrenentstehung ist kein abgeschlossener, sondern wirkt unter sonst günstigen Umständen fort.«

Fig. 42.



Wenn Heim das Karrenproblem auch nicht erschöpfend erforscht hat, so hat er doch Mustergültiges für alle Zeiten geschaffen, und wenn er sagt, daß er über die Karren nur so nebenher einige Bemerkungen gemacht habe, so haben doch diese genügt, nicht bloß den wissenschaftlichen Kreisen, sondern auch den Hochgebirgstouristen Anregungen zum Studium unseres Problems zu geben. Unter den namhaftesten Geographen ist es vor allem von Richthofen,[1] der den Heimschen Standpunkt vollständig acceptiert. An Heim schließt sich ferner F. Becker[2]) an. Dieser geht nur insofern über Heim hinaus, indem er den geologischen Bau des Gebirges für die Karrenbildung maßgebend sein läßt. Durch die kleinen, stark geknickten Gebirgsfalten erhält das Gestein Risse, feine Klüfte, die der Zerstörung, der Auflösung durch Wasser leicht anheimfallen. Schardt,[3]) ein Schüler Heims, hat wohl auf eigene Untersuchungen zu blicken, doch hält er sich wesentlich in der Erklärung der Karrenfeldbildung an seinen Lehrer.

---

[1]) Richthofen: Führer für Forschungsreisende, 1886, S. 103, 104.

[2]) Becker: Die Karrenfelder des Exkursionsgebietes. Jahrb. des Schw. A.-Cl., XIII, 1878, S. 85—105.

[3]) Schardt: Etudes géologiques sur le Pays-d'Enhaut Vaudois, Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles. Vol. XX, Nr. 90, 1884, S. 113.

Da, wo Heim von der Fortentwicklung der Karrenfelder in der Gegenwart spricht, wendet er sich gegen Rothpletz, der die Karrenbildung für abgeschlossen, »tot« und die Karrenschlotten im Kalk der Normandieküste für Glazialriesentöpfe hält. So die Darlegung Heims. Das erscheint offenbar als eine irrtümliche Darstellung der Rothpletzschen Ansichten. Rothpletz schreibt auf Seite 46 seines »Diluviums um Paris«:[1]) »Alle die bekannten großen Karrenfelder der Alpen sind gegenwärtig tot«; vorher aber auf Seite 45 steht: »Karrenbildung setzt nackte, vegetationslose Felsoberfläche voraus. Das Vorkommen letzterer ist aber fast ausschließlich auf die Regionen des ewigen Schnees und Eises beschränkt, und darum kann man die Karren selbst eine zwar nicht ausschließlich, aber doch vorzugsweise glaziale Erscheinung nennen. Nur unter Schnee und Eis können so weite Felder vegetationslos bleiben, wie sie die oft stundenweit ausgedehnten Karrenfelder der Alpen zur Voraussetzung haben.« Daraus geht klar hervor, daß Rothpletz die bekannten großen Karrenfelder eben deshalb für tot erklärt hat, weil sie nicht mehr im Gebiet des ewigen Schnees liegen, und daß er die Karrenbildung selbst da noch fortdauernd hält, wo ewiger Schnee vorkommt. Indessen hat Rothpletz dieselbe als hauptsächlich, aber nicht ausschließlich auf solche Regionen beschränkt erklärt. Er selber schreibt mir, daß es eine Art von Karrenbildung in Gegenden gibt, die niemals von ewigem Schnee bedeckt waren, so auf den Kalkbergen südlicher Länder. Der Wald und die geschlossene Vegetationsdecke reichen z. B. nicht bis zum Gipfelkamm von Ste. Beaume hinauf. »Der nackte Fels ist von Karrenbildungen bedeckt, die allerdings weder in ihrer Ausdehnung, noch nach Intensität mit den großartigen Karrenfeldern unserer Kalkalpen verglichen werden können, aber gleichwohl ist es Karrenbildung, und sie war möglich, weil die besonderen klimatischen Verhältnisse hier für vegetationslose Felsoberflächen gesorgt haben.« Ferner sei noch hervorgehoben, daß Rothpletz die »Karrenschlotten im Kalk der Normandieküste« nicht für »Glazialriesentöpfe« angesprochen hat; im Gegenteil hat er mit besonderer Mühe nachzuweisen versucht, daß neben den Schlotten noch wirkliche unten geschlossene Riesentöpfe vorkommen. Und nur diese letzteren hat er, weil sie nicht im Gebiet alter Bachläufe liegen, für glaziale Strudellöcher erklärt.

Rothpletz faßt seine Ansichten über die Entstehung der Karren kurz in folgende Worte zusammen: »Die Karren bilden sich noch in der Gegenwart überall da, wo die klimatischen Verhältnisse Kalkfelsen einerseits von Vegetation freihalten, andererseits dieselben reichlich mit Schmelz- oder Regenwasser übergießen. Vegetationsreichtum und Niederschlagsarmut sind deshalb Feinde der Karrenbildung.«

Christ,[2]) der ausgezeichnete Kenner der Vegetationsverhältnisse der Schweiz, bringt ein neues Moment in die Entstehung der Karren. Ihm ist ein nicht zu übersehendes Bildungs- und Zerstörungsmittel der Karren die Kohlensäure, die von den Blättern der Pflanzen abgegeben wird. Christ beruft sich hiermit auf Rütimeyer, der nachgewiesen haben will, daß diese Einwirkung eine so intensive und rasch von statten gehende ist, »daß einem einzelnen Blatt jener Pflanzen, wo es auf dem Felsen aufliegt, bald eine Vertiefung von seiner Form und Größe entspricht, während rings das alte Niveau in Form einer Kante sich erhebt.« Diese Annahme der Pflanzentätigkeit bei der Karrenbildung stand bis dahin und steht meist auch heute noch der Auffassung entgegen, daß die Vegetation den besten Schutz gegen die Gebirgsverwitterung bilde (Heim, Brückner u. a.).

---

[1]) Rothpletz: Das Diluvium um Paris. Denkschriften der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft 1881, S. 45, 46. — Briefliche Mitteilungen vom 24. April 1902 an den Verfasser.

[2]) Christ: Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1882, S. 300.

Des Verhältnisses zwischen Karren und Pflanzen gedenkt auch J. Gremblich,[1]) ein feinsinniger Beobachter der kleinsten Erscheinungen alpiner Pflanzenwelt; doch gewinnt er keine neuen, fruchtbaren Gedanken für die Karrenentstehung. Mit beredten Worten schildert Waltenberger[2]) die Pflanzenwelt des Hohen Ifenplateaus. Die Genesis der seltsamen Zerrissenheiten und Zerklüftungen dieses Karrenfeldes weist er dem Einfluß der Atmosphärilien zu; dabei ist ihm sehr wichtig das Gefrieren und Wiederauftauen des Wassers, denn dadurch wird das Gestein in mehr oder weniger prismatische Stücke zersprengt, »die durch Abwitterung, Einwirkung der Kälte, lokale Ursachen, wozu örtliche Ansammlungen von Wasser und Schnee und dergleichen gehören, in verschiedenartiger Form zernagt und zerfressen werden.« Andere Verschiedenheiten in den Formen der Zerklüftung und Verwitterung werden durch ungleiche Festigkeit des Gesteins und ursprünglich kleine Abweichungen von der horizontalen Lagerung desselben erzeugt. Überhaupt muß bei dem ganzen Karrenphänomen eine langdauernde und beständig wirkende Ursache angenommen werden. Waltenberger kommt zum Schlusse dahin, daß seine Erklärungen nicht für alle Fälle genügen können, so z. B. nicht für die Entstehung der kreisrunden Löcher, die in der Mitte einer vollkommen kompakten Steinplatte oft sehr tief eingebohrt sind. Nicht minder rätselhaft ist ihm das Auftreten von scharfkantigen, splitterartigen Formen und gleich daneben, ohne irgend welche Übergänge, das von nur abgerundeten Gesteinsformen.

E. Fugger[3]) hat ausführliche Karrenstudien vom Untersberg veröffentlicht. Sie beruhen im wesentlichen auf Heimschen Grundsätzen. Wie Keller und Simony achtet er genau auf den Neigungswinkel der Oberfläche, in die die Karren eingegraben sind. Der Spielraum der Neigungswinkel reicht von 5° bis 80°. Der Entstehungsvorgang eines Karrenfeldes ist nur chemisch zu erklären. Jegliches Wasser, sei es Tau-, Schnee- oder Regenwasser, besitzt in kleinen Quantitäten Kohlensäure, mithin die Fähigkeit der Auflösung einer schwachen Säure. Was ihm an chemischer Energie fehlt, ersetzt seine Masse und kontinuierliche Wirkung. Fugger gibt eine schätzenswerte Reihe von eigenen und fremden Messungen des Kohlensäuregehaltes von Regen-, Schnee- und Bodenwasser. Mit ihrer Hilfe berechnet er das Zeitalter einer Karrenrinne von 1 *m* Tiefe bald auf 9000, bald auf 13 000, bald auf 6000 Jahre. Wenn man auch die Zahlen im einzelnen bemängeln kann, »so scheinen sie uns doch sicher zu beweisen, daß diese an sich unbedeutende Naturkraft in ihren Kumulativwirkungen gewaltige Leistungen hervorzubringen fähig ist (S. Günther).«

Die zuletzt gefaßten Ansichten Simonys, auch dem Regen und den Schmelzwassern des Schnees neben den Schmelzwassern der Gletscher Einfluß auf die Karrenbildung zuzuerkennen, nimmt A. Penck[4]) auf und sieht namentlich die Regenwirkung fast als alleinigen Bildungsfaktor an. Die auf diese Weise entstandenen Karren nennt er »echte Karren«, während die durch Schmelzwasser der Gletscher entstandenen keine eigentlichen Karren sind. Während Penck in seinem Aufsatz über das Land

---

[1]) Gremblich: Unsere Alpenwiesen. Separatabdruck aus dem Programm des Haller Gymnasiums, 1884/85, S. 24.

[2]) Waltenberger: Die Gebirgsgruppe des Hohen Ifen. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., VIII, 1877, S. 26 ff.

[3]) Fugger: Der Untersberg. Wissenschaftliche Beobachtungen und Studien. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., XI, 1880, S. 176—191.

[4]) Penck: Das Land Berchtesgaden. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1885, S. 258. — Die Slavini di San Marco bei Roverto. Mitteilungen der K. K. Geographischen Gesellschaft in Wien 1886, S. 395, 397. — Vom Dachsteinplateau. Ausland 1892, Nr. 42, S. 668. — Morphologie der Erdoberfläche. Bibliothek geographischer Handbücher, herausgegeben von Fr. Ratzel, Stuttgart 1894. I Bd., S. 237, 238.

Berchtesgaden den Schmelzwassern der im Winter aufgespeicherten Schneedecke mehr das Wort redet, so berücksichtigt er in seiner Morphologie mehr den Regen bei der Karrenbildung.

H. Crammer[1]) untersuchte die Schratten auf der Übergossenen Alm und fand zweierlei Karrenrinnen: gerade verlaufende und gewundene. Aus seinen Beobachtungen zog er folgende Schlüsse: Das über nackten Kalkfels abfließende Regen- und Schneewasser bildet die Karrenrinnen aus. Bei einer größeren Neigung der Felsoberfläche fließt das Wasser nach der Linie des stärksten Falles ab und formt geradlinig verlaufende Rinnen. Bei geringer Neigung erfährt das Wasser mancherlei Ablenkung, besonders durch Klüfte und Risse, und es formt die gewundenen Karrenrinnen. Mechanische und chemische Erosion sind bei der Karrenbildung tätig, letztere Erosion jedoch vielmehr als erstere.

Die zweite Veröffentlichung Crammers gilt der Genesis der Karrenschüsseln, Karrentrichter, Karrenröhren, Kluftkarren und Dolinen. Die Entstehung der Karrenschüsseln ist ausnahmslos an die engen und kleinsten Klüftchen des Kalkfelsen gebunden, an die chemische Erosion von Schnee- und Regenwasser und an die Wirkungen des Frostes. Die Karrentrichter sind linsenartige Ausgestaltungen von Karrenklüften, bei denen der aufgelöste Kalk ohne Hindernis entführt worden ist. Wo die Spalte in der Tiefe durch Humus verstopft und dadurch die Befeuchtungsdauer in der Spalte, im Karrentrichter, verlängert wird, da führt die Bildung der Karrentrichter hinüber zu der von Karrenröhren. Die durch lange Spalten auseinandergedehnten Karrenröhren werden Kluftkarren genannt; ihre Fortentwicklung und zugleich ihr Verfall leitet hin zur Entstehung echter Erosionsdolinen.

E. Richter[2]) faßt auch das Karrenphänomen in ganz speziell typischer Gestalt auf. Er rückt den Entstehungsvorgang in die untere Grenze der Schneeregion, wie wir es aus seinem uns allen bekannten und bahnbrechenden Werke über die Gletscher der Ostalpen vernehmen, wo er von der Höhe der Schneegrenze in den nördlichen Kalkalpen spricht und von den Karrenrücken als anstehendem Gesteine, das schon in der Waldregion unter Humus vorkommend bis zur unteren Schneegrenze sich hinanzieht.

Die ganze Richtung, wie sie in diesem letzten Zeitraum durch Heim angebahnt wurde, ist nicht ohne Gegner geblieben. Unter den Schweizer Geologen hat sich schon vor 1870 E. Renevier[3]) gegen Heim erklärt. Nach seiner Erfahrung finden sich Schratten entweder am Fuße von Gletschern, wie die von Miet, von Zanfleuron u. s. w., oder an den Stellen, die als frühere Gletscherbetten zu betrachten sind, wie die Karrenfelder am Verlorenerberg, von Cheville, in den Andannes u. a. m. Auch hat er Karren unter den Gletschern beobachet und kann sich die Entstehung derselben nicht anders denken als nur durch die mechanische Wirkung der Gletscher, der Schmelzwasser, die durch die Gletscherspalten stürzen oder tropfenweise fallen. Ähnliche Ansicht hat auch Alphonse Favre,[4]) indem er glaubt, daß Regenwasser und andere atmosphärische Agentien die von den alten Gletschern bereits geschaffenen Karrenrinnen bloß erweitern.

[1]) Crammer: Einige Bemerkungen über die Karrenrinnen der Übergossenen Alm. Petermanns Mitteilungen, 1897, S. 42. — Karren und Dolinen im Riffkalk der Übergossenen Alm. Peterm. Mitteilungen, 1902, S. 9—11.

[2]) Richter: Die Gletscher der Ostalpen, 1888, S. 71.

[3]) Renevier: Orographie de la partie des Hautes Alpes calcaires compris entre le Rhône et le Rawyl. Jahrb. d. Schw. A.-Cl., XVI, 1880, S. 74, 75. — Bulletin de la Société Vaudoise d'Histoire naturelle, VIII, S. 285. — Monographie des Hautes Alpes Vaudoises. Matériaux pour la carte géologique de le Suisse, 1890, S. 499.

[4]) Favre: Recherches géologiques sur les parties de la Savoie et de la Suisse voisines du Montblanc. P. I, S. 276, 301.

Einer Spezialarbeit über Karren begegnen wir in Fr. Ratzels Schrift »Über Karrenfelder im Jura und Verwandtes.«[1]) Ratzel weist darin nach, daß die so bestimmt behauptete Abwesenheit des Karrenphänomens im Jura auf Täuschung beruht, daß die Karren ihre Maximalentwicklung in mittleren Gebirgsstufen erreichen. Von der Form wird auf die Entstehungsart geschlossen, wobei die »Karrensteine«[2]) das Leitmotiv abgeben. »Scharfe Kanten vielfältig gebogener Flächen, scharf ausgezogene Spitzen, die bei rascher Bewegung im Wasser in der kürzesten Zeit abgeschliffen sein würden, cylindrische und spiralige Durchbohrungen und Anbohrungen, Abwaschung bis auf breite plattige Reste mit einzeln stehengebliebenen Knoten und Kanten sind ebenso bezeichnend für die Wirkungen des Wassers auf ruhendes Gestein, wie sie den eigentlichen Geröllformen entgegenstehen.« Das Charakteristische der Karren besteht vor allem mit in dem geselligen Auftreten zahlreicher, verschiedener Höhlungen im Kalk und Dolomit. Regelmäßige Rinnensysteme, wie sie alle Gesteins- und Erdformen bekunden, die durch fließendes Wasser bewirkt werden, kommen ganz vereinzelt zur Ausbildung. Und doch kommen Formen des fließenden Wassers vor, wie Becken-, Nischen- und Rinnenformen. Das fließende Wasser konzentriert seine Wirkung fortschreitend nach der Tiefe. Die Konzentration kann bei der Karrenbildung nicht zur Geltung gekommen sein, es muß dabei mehr eine in der Höhe und in der Tiefe gleich wirksame und in demselben Sinne wirkende Kraft tätig gewesen sein, die nur in einer über weite Flächen ausgebreiteten diffusen Erosion erblickt werden kann, in einer Quelle, die über dem Boden lag und viel unabhängiger war als das über diesen Boden fließende Wasser. Nur in der konzentrierten Wassermenge großer, angesammelter, zerklüfteter Schnee-, Eis- und Firnmassen ist die Quelle zu suchen, die für die Entstehung der eigentlichen Karrenformen verantwortlich gemacht werden kann. Seichte Rinnen, deren Riefelung an dorische Säulen erinnert, sind keine Karren.

Gegen die chemische Erosion führt Ratzel folgende Gründe ins Feld: Die Karren sind eigentümlich verbreitet; tiefe Strudellöcher und Schächte sind unabhängig vom Gefälle; regelmäßige Abstufungen mangeln zwischen höher und niedriger liegenden Karrenfurchen; Rinnenrichtungen kreuzen sich oft; und endlich die Zuschärfung der Karrenfirsten, die früher als tieferliegende Teile aufgelöst werden müßten, ist unvereinbar mit der gesetzlichen Verlegung des Erosionsmaximums in die Tiefe. — Die Kernpunkte all der älteren Ratzelschen Darlegungen krystallisieren sich in dem Gesetz: Jede Wasserform der Erde bietet ein Abbild der in ihrer Gestaltung tätigen Wassermasse.

Wie Simony seine Ansichten über die Entstehung der Karren zu Gunsten der chemischen Erosion modifiziert hat, so ähnlich auch Ratzel. In seiner »Vergleichenden Erdkunde« macht er ausdrücklich darauf aufmerksam, daß die chemisch auflösenden und die mechanisch abspülenden Wirkungen miteinander und ineinander gearbeitet haben. »Die Arbeit, mit Regentropfen und Regenbächlein oder Schneeschmelzwasser beginnend, schritt von den kleinen Gruben und Rinnen zu Klammen, Trichtergruben und Schächten fort. In den höheren Lagen beteiligen sich die Firnflecke und Gletscher an der Lieferung von Wasser und Fallkraft. Manches Karrenfeld, das

---

[1]) Ratzel: Uber Karrenfelder im Jura und Verwandtes. Dekanatsschrift. Leipzig 1891. — Der Wendelstein. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1886, S. 398. — Die Schneedecke, besonders in deutschen Gebirgen. Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, herausgegeben von Kirchhoff. 1889, IV. Bd., S. 184, 185. — Ferner die wichtigen Kapitel: Spülformen, Rinnen und Schratten; das Karrenfeld; die Entstehung der Karrenfelder; die Karrenlandschaften: Die Erde und das Leben, eine vergleichende Erdkunde. I. Bd. 1901, S. 537—548.

[2]) Vergl. auch Jaccard: Jura vaudois et neuchatelois. Bern 1889, S. 16.

heute fern von Firn und Eis gelegen ist, war früher vergletschert. Schneeschmelzwasser scheint die Auflösung des Kalkes ganz besonders zu befördern, doch ist die Entwicklung der Karrenfelder durchaus nicht, wie wohl behauptet worden ist, an die Firngrenze gebunden.« Obwohl die Karrenfelder immer eine Erscheinung der Gesteinsoberfläche sind, so sind sie doch das Werk einer rasch in die Tiefe gehenden Erosionswirkung; und es ist hier weniger die Masse und das Gefälle des Wassers als seine unendliche Zerteilung, die die Karrenformen herausarbeitet. Ist der Kalkstein so gelagert, daß Regen- und Schneewasser über ihn wegfließen, so entstehen durch Spülung Rinnen und Riefen. Ratzel hält es für möglich, daß Risse im Gestein dieser Riefelung entgegenkommen, »und indem die Gebirgsbildung Risse von gleicher Richtung schafft, können auch Rinnen und Kämme eines Karrenfeldes übereinstimmende Grundrichtungen zeigen«. Immerhin aber räumt Ratzel der mechanischen Kraft einen größeren Raum bei der Karrenbildung ein als der chemischen. Der Regen entfaltet eine merkliche Kraft erst im Fließen; erst, nachdem er gefallen ist, kanelliert er Schuttsäulen und Felsmauern und gräbt in den Kalkstein ganze Talsysteme von Regenrinnen ein. Doch die rinnende Wassermasse genügt nicht, um die Karren, die am Boden abgerundet sind oder Aufwölbungen zeigen, zu bilden; vielmehr müssen »schwingende Wassermassen« angenommen werden, die viel stärker durch den Stoß als die Auflösung gewirkt haben. Der Karrenbildung durch Pflanzen mißt Ratzel keine Bedeutung bei. »Man findet in den Gebirgsmooren oft genug Bruchstücke desselben Kalksteines, der weiter oben der Träger der Karrenbildung ist. Diese Stücke zeigen die Spuren der Einwirkung der Pflanzensäuren in einer narbigen, weißen, wie mit Mehl bestreuten Oberfläche, die im Gegensatze zu der glatten Oberfläche der Karrenrinnen und -steine steht.« Doch weist Ratzel nicht gerade ab, daß »die in kaum einer Karrenhöhlung fehlende dunkle Erde, durch Wasser ausgelaugt, an der Auflösung des Kalksteins mitwirken könne«. Das gesellige Auftreten zahlreicher Rinnen und Höhlungen im Kalk und Dolomit schafft einen neuen Landschaftstypus, das Karrenfeld, dessen Charakteristikum »die Formenfülle im Kleinen und die Formenarmut im Großen« ist.

Die Heimsche Theorie wird nun wiederum im wesentlichen auf karrige Erscheinungen im Karst angewendet. J. Cvijić[1]) widmet in der bedeutungsvollen morphologischen Monographie »Das Karstphänomen« das erste Kapitel den Karren, die er als Oberflächenformen des reinen Kalksteins, bestehend aus schmalen Rinnen und dazwischen gelegenen Firsten, hinstellt. Diese typischen echten Formen unterscheidet er von den breiten gewundenen Furchen, die durch rundlichte Firste getrennt sind, die Auswaschungskessel zeigen. Er hat die Karren auf vielen Gebieten des Karstes studiert und gefunden, daß weder Höhenlage, noch räumliche Beschränkung auf alte Vergletscherungsgebiete für die Karrenverbreitung wesentlich sind. Als erste Bedingung für das Vorkommen von Karren erscheint ihm das Vorhandensein von reinem Kalk. Als Gegensatz zur Karrenentwicklung hebt Cvijić die typische Ausbildung der Dolinen als wesentlich solche hervor, die auf Plateaus beschränkt bleibt, »wo das atmosphärische Wasser nicht abfließen kann, sondern in die Fugen des Kalksteins versickern muß, wodurch die vertikale Erosion begünstigt wird. Auf steilen Böschungen, wenn dieselben nicht zu stark zerklüftet sind, fließt das Wasser oberflächlich ab und erzeugt durch seine subaerische Erosion Karren.« Die Karrenbildung an sich wird durch die chemische Erosion des abfließenden Wassers erreicht.

[1]) Cvijić: Das Karstphänomen. Geographische Abhandlungen, herausgegeben von A. Penck, 1893. Bd. V, Heft 3, S. 218, 221—225, 228, 229, 323, 328. — Vergl. auch: Fehlinger: Nachrichten über Geophysik, 1894. B. I, Nr. 1, Referat über Cvijić, Karstphänomen, S. 38.

Mojsisovics[1]) vergißt in seinen Karststudien nicht die Karren; die mit Karsttrichtern besäten »blattersteppigen« Gehänge des Karstes vergleicht er mit den Karrenfeldern der nördlichen Kalkalpen und gliedert aus dieser Vergleichung den Satz ab: Die Karsttrichter der südlichen Kalkalpen sind die »Stellvertreter« der in den nördlichen Kalkalpen vorkommenden Karren. Beide Erscheinungen haben die gemeinsame Eigenschaft des geselligen Auftretens und sind nach ihm die Hauptangriffspunkte der chemischen subaerischen Auflösung der Kalkfelsen, also zugleich Resultate ohne Ausnahme der chemischen Erosion des Gesteins durch Regenwasser und des in den Dolinen sich vorzüglich sammelnden Schnees. Mojsisovics faßt die Karren als eine »Facies« auf, die nur den nördlichen Kalkalpen eigen ist, während sie den südlichen vollständig fehlt, »trotzdem die äußern Bedingungen zur Bildung derselben in vielen Fällen erfüllt scheinen«.

Gegen die letztausgesprochene Ansicht wendet sich Cvijić, auch E. Tietze.[2]) Dieser meint, daß Karren und Karsttrichter nichts miteinander zu tun haben, da sowohl Karstphänomene, wie Simony bereits nachgewiesen hat, in den nördlichen Kalkalpen vorkommen, wie auch das Fehlen von Karren im Karstgebiete nicht ausgeschlossen ist. Ebenso wird bei einer Annahme einer reinen Erosion der Unterschied zwischen Karren und Karsttrichter weder genetisch noch morphologisch aufgehoben. Tietze räumt außer den Glacialwirkungen (nach Simony) auch der reinen Erosion durch Regen und Verwitterung bei der Karrenbildung (nach Gümbel, Heim und Fugger) ein großes Feld ein.

Auf Tietzes Ansichten stützt sich Dragutin Hirz,[3]) der sie in einer der Schriften der südslavischen Akademie in serbokroatischer Sprache wiederholt, ohne neue Resultate hinzuzufügen.

A. Philippson[4]) berichtet von den südlichen Ausläufern des Karstgebietes in Griechenland, im Peloponnes, daß sie zuweilen Oberflächenformen zeigen, die den Schrattenfeldern unserer Alpen gleichen, und deren Bildung durch die an Spalten eindringende auflösende Tätigkeit des Wassers mehr bedingt ist als durch die mechanische Zertrümmerung.

Hassert[5]) beobachtete Karrenfelder auf seinen Reisen durch Montenegro. Zweifelsohne sind sie nach ihm durch die chemisch auflösende Kraft der Niederschläge entstanden. Schmelzwasser einstiger Firn- und Gletscheranhäufungen sind hier ausgeschlossen, da im ganzen montenegrinischen Hochgebirge eine ehemalige Vergletscherung nicht nachgewiesen ist, ebenso andauernde Befeuchtungen mit Schnee, da sich der Schnee in manchen Meereshöhen nicht lange erhalten kann, so bei Karrenfeldern in der Höhe von 250 bis 650 *m.* »Da jedoch tiefe Cañons das

[1]) Mojsisovics: Das westliche Kalkgebirge bis zur Linie Ključ—Petrovac—Kulen—Vakuf im Norden. In: Grundlinien der Geologie von Bosnien-Herzegovina. Jahrb. der geol. R.-A., XXX 1880, S. 226. — Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Beiträge zur Bildungsgeschichte der Alpen. Wien 1879, S. 382. — Zur Geologie der Karsterscheinungen. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1880, XI, S. 115.

[2]) Tietze: Zur Geologie der Karsterscheinungen. Jahrbuch d. geolog. R.-A., XXX, 1880, S. 748, 749.

[3]) Hirz (Dragutin Hirc): Gorski sklopovi i vrhovi jugozapadne visočine. Schriften der südslavischen Akademie, 1889, Bd. 98, S. 166.

[4]) Philippson: Der Peloponnes. Versuch einer Landeskunde auf geographischer Grundlage, 1892, S. 503.

[5]) Hassert: Der Durmitor. Wanderungen im montenegrinischen Hochgebirge. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1892, S. 141, 150, 161, 163. — Reise durch Montenegro 1893, S. 30, 33, 99, 117, 118, 134, 135. — Die Besteigung der Prutaš im Durmitor. »Das neue Ausland«, I. Bd., 1894, S. 169. — Beiträge zur physischen Geographie von Montenegro mit besonderer Berücksichtigung des Karstes. P. M. Ergänzungsheft Nr. 115. 1895, S. 78—81.

Plateau durchschneiden, so muß es vor Zeiten wasserreicher gewesen sein, weil die Erosionswirkung der armseligen Rinnsale und der spärlichen Sommerregen, wie wir sie heute finden, jene geheimnisvollen Gebilde kaum schaffen konnte.« In der physischen Geographie von Montenegro bezeichnet Hassert die Karrenfelder als »eine durch gewisse Vorbedingungen beeinflußte und veränderte Dolinenfacies«. Ich habe mich mit Hassert viel über dies Thema unterhalten, und wir fanden, daß wir beide durch unsere Beobachtungen an wesentlich verschiedenen Örtlichkeiten zu Resultaten gelangt waren, die viel Gleiches im Detail hatten.

In einer ausführlichen Beschreibung über Kephallenia und Ithaka weist Partsch[1]) bei der tiefgreifenden löcherigen Verwitterung der Kalksteine der Jonischen Inseln hin, wie auf Gipfelflächen die Zerstörung des Kalkgesteins durch die chemische Lösungskraft kohlensauren Wassers zur Schrattenbildung führt. All diese Gebilde bewirkt die Atmosphäre, während die ähnlichen Wirkungen am Meeresufer, von denen auch Partsch erzählt, das Meerwasser erzielt.

Von litoralen Karren spricht auch G. Stache[2]) als von Reliefformen, die den Typus der alpinen Karrenfelder nachahmen und dort am schönsten sich darbieten, wo sie in dickbankigen, dichten oder feinkrystallinischen Kreidekalk oder Eocänkalk eingegraben sind. Er weist darauf hin, daß die durch Richthofen für die echte Karrenbildung des Hochgebirges gegebene Erklärung sich schwer mit der Entwicklungsgeschichte des Küstenlandes vereinigen lasse. Selbst gibt er keine weiteren Erklärungen.

Hilber[3]) schreibt neben der Meereswellenwirkung bei der Bildung der litoralen Karrenfurchen an der Küste der Bucht zwischen Punta Pizzale und Punta Maturaga im Norden von Parenzo einen gewissen Anteil an der Abtragung der Küste den Atmosphärilien zu; die Spuren des Abwaschens durch Regenwasser zeigen sich an den Steilwänden der Meeresküste ebenso, wie an den Steilwänden des Gebirgsplateaus.

C. Diener[4]) hat karrige Gebilde im Libanongebirge gefunden und zieht Parallelen zu den Karren im Karst und in den Alpen. Über Karren, deren Entstehung auf die mechanische Wirkung einstiger großer, weit ausgedehnter Gletscher zurückzuführen ist, weiß Diener zu erzählen aus den Felsrevieren in der Nähe des Maria Theresia-Schutzhauses, des Plateau Pekel und des Triglav. Karrenerscheinungen aber, die ausschließlich ihre Gestaltungen der Erosion der Hydrometeore auf bloßgelegtes Gestein verdanken, sind im Libanon einzig und allein in einer Höhenzone von 1000 *m* bis 2000 *m* am besten entwickelt. Wichtig ist noch Dieners Aussage, daß die Bildung von Karrenfeldern durch reine, gut geschichtete Kalksteine, jene von Karsttrichtern dagegen durch ein dichtes, minder deutlich geschichtetes Material begünstigt wird, wie es innerhalb und in der Nähe ausgedehnter Riffmassen zu beobachten ist. So sind z. B. die Karsttrichter des Untersberges in eine durchaus dichte, ungeschichtete homogene Riffmasse, deren exakte Gliederung durchzuführen bisher noch nicht gelungen ist, eingesackt, ebenso die Karsttrichter des Plateaus der Trisselwand im Toten Gebirge, während in den übrigen Partien dieses Gebirges der

[1]) Partsch: Kephallenia und Ithaka. P. M. Ergänzungsheft Nr. 98. 1890, S. 6, 19.

[2]) Stache: Übersicht der geologischen Verhältnisse der Küstenländer von Österreich-Ungarn. Jahrb. d. geol. R.-A., 1889, S. 13, 14. — Die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte. Abhandlungen der geol. R.-A. Bd. XIII, H. 1, S. 14.

[3]) Hilber: Geologische Küstenforschungen zwischen Grado und Pola am Adriatischen Meere, nebst Mitteilungen über ufernahe Baureste. Sitzungsbericht der K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien. Bd. XCVIII, Abt. I, S. 54.

[4]) Diener: Libanon. Wien, 1886, S. 211—235. — Beitrag zur Geologie des Zentralstockes der Julischen Alpen. Jahrb. der K. K. Geol. R.-A., 1884, S. 683—685.

Dachsteinkalk in seiner geschichteten Facies der Erosion in der Form von Karrenfeldern entgegenkommt. Geyer[1]) ist in dieser Beziehung mit Diener gleicher Meinung, wenn er von der Trisselwand des Toten Gebirges schreibt, daß sie aus jüngeren Kalken aufgebaut ist, die trotz ihrer Reinheit infolge der Neigung zur vertikalen Klüftung der Bildung von Karrenfeldern abhold sind; in solchen Gesteinen treten aber gern die bekannten Karstdolinen, Karsttrichter auf.

Außer den Darlegungen Dieners über die Karren des Libanon und den Notizen von Felix[2]) und Lenk[3]) über die seichten Karrenrinnen an verschiedenen Punkten der mexikanischen Hochebene in 1500—1600 *m* Höhe sind mir keine anderen sicheren Nachweise über außereuropäische Karren bekannt.

Bei der genaueren geologischen Durchforschung deutscher Reichsgebiete ist man auf karrige Gebilde gestoßen. Gutbier[4]) und späterhin Hettner[5]) vergleichen die von Höckern, Leisten, Löchern und Furchen durchzogene Felsoberfläche mancher Gegenden der Sächsischen Schweiz mit den Karrenfeldern der Schweizer Alpen, wenngleich sie an Größe weit hinter denselben zurückbleiben. Aber auch hier pflegen die Furchen vom Gipfel des Felsblockes nach allen Seiten abzufallen. Diese Eigentümlichkeit weist Hettner neben anderem mit der Tätigkeit des Windes zu.

Da hier von karrigen Gebilden des Sandsteins berichtet wird, sei gleich auf eine der zahlreichen Publikationen von E. de Martonne[6]) hingewiesen: Lapiez dans les Grès crétacés« (Massiv du Bucegiu-Roumanie). Sich mit an meine bereits veröffentlichten Untersuchungen haltend, gelangt er zu dem Schlußresultat, daß sein Untersuchungsgebiet die Behauptung erlaube, daß das Regenwasser und die rieselnden Schmelzwasser des Schnees auf einem entblößten Felsen und, geführt durch die Spaltenrichtung, eine genügende mechanische Wirkung ausüben, um die Formen der Karren zu schaffen.

Von tatsächlichen Karren redet man bei der zerrissenen Oberfläche des anstehenden reinen Kalksteins im Erzgebirge in der Nähe von Elterlein und bei Hermsdorf.[7]) Sauer gibt folgende Erklärung für die Karren des Erzgebirges: Sie sind das Produkt der lösenden Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers auf Kalkstein. Je reiner und gleichmäßig körniger das Gestein ist, um so leichter und schneller entwickelt sich der Vorgang. Dichtere Texturstellen im Kalke widerstehen am längsten der Auflösung; und so stehen die scheinbar launisch gestalteten Furchen im kausalen Zusammenhang mit der Struktur des Kalkkörpers. Als weitere Erklärung gibt Sauer Heims Ansicht wörtlich wieder mit dem Hinweis, daß sie völlig auf die erzgebirgischen Gebilde passe.

Heim ist es immer wieder, dem man eine führende Rolle bei den Erklärungsversuchen der Karrenbildung zuschreibt. Auf ihn beruft sich vollständig Sadebeck[8])

---

[1]) Geyer: Über jurassische Ablagerungen auf dem Hochplateau des Toten Gebirges in Steiermark. Jahrb. d. geol. R.-A. XXXIV, 1884, S. 336.

[2]) [3]) Vergl. Anmerkungen S. 32.

[4]) Gutbier: Geognostische Skizzen, S. 55 ff.

[5]) Hettner: Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der Sächsischen Schweiz. Forschungen zur Deutschen Landeskunde, herausgegeben von Kirchhoff. II. Bd., 1887, S. 293.

[6]) Martonne: Lapiez dans les Grès crétacés (Massiv du Bucegiu-Roumanie). Extrait du Bulletin de la Société géologique de France. 3. série, tome XXVII, 1899, page 28 ff..

[7]) Näheres erfahren wir hierüber von A. Sauer und R. Beck. Sauer: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen. Bearbeitet unter Leitung von H. Credner. Sektion Elterlein. Blatt 138, S. 35—37. Beck: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte etc. Sektion Nassau. Blatt 118, S. 16.

[8]) Sadebeck: Über Karrenfelder und Strudellöcher, mit besonderer Beziehung auf Rüdersdorf. Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. Herausgegeben von R. Virchow, 1879, S. 354—360.

in seinem Aufsatz über Karrenfelder und Strudellöcher, mit besonderer Beziehung auf Rüdersdorf bei Berlin. Er hat vor allem die Karrenlöcher in den Alpen studiert und vergleicht sie mit denen von Rüdersdorf. Die einzelnen Momente dieses Vergleiches ergeben, daß Entstehung, Form, Ausfüllungsmasse übereinstimmen; »der Unterschied besteht nur darin, daß die Karren nicht von einer steinführenden Diluvialschicht bedeckt sind.«

Mehr oder minder schließen sich an Heim an Hochstetter,[1]) Fraas,[2]) Neumayr und Supan. In die Darlegung Supans[3]) spielen noch etliche Ideen Sonklars mit hinein. Dieser hebt hervor,[4]) daß die Schratten auf schwach geneigten ebenen Hängen des Kalkgebirges durch »die vereinigte Arbeit der chemischen und mechanischen Erosion« des Wassers entstehen, und zwar dort am leichtesten, wo das Wasser der Streichungsrichtung der Schichten folgen kann. Neumayr[5]) nimmt außer auf Heim noch auf Fugger Bezug und verwirft bei der Karrenbildung die starke Neigung der Kalksteinoberfläche. F. Senft[6]) nimmt an, daß die schief abfallenden Gesteinsflächen aus senkrecht aufgerichteten und abwechselnd weicheren und härteren Schichten bestehen, z. B. aus Kalkstein und Tonmergel; die weicheren Zwischenschichten werden durch das Regenwasser weggeschwemmt und die härteren bleiben als die Karrenwände stehen. K. Fritsch[7]) schreibt der auflösenden Kraft des Regens besonders viel Wirkung zu, durch die sehr auffallende Oberflächenerscheinungen, sogenannte Karsterscheinungen hervorgebracht werden; zu diesen gehören neben vielen andern die »Karren« am Säntis, die »Schratten« an der Geis, die »Lapiaz« am Mont d'Anterne.

H. Credner,[8]) der auf meine Karrenstudien in seinen Elementen der Geologie aufmerksam macht, begründet die Schrattenbildung auf die verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen, oft mehr oder weniger kieseligen, tonigen oder porösen Kalksteinschichten. Die Karrenformen sind Auslaugungserscheinungen. Die Kohlensäure enthaltenden und Humussäure aufnehmenden Niederschläge modellieren unter Benutzung der Klüftchen die Schratten heraus. In Übereinstimmung mit mir gibt Credner bei der Karrenbildung auch dem Pflanzenwachstum und der Pflanzenverwesung, wodurch dem Wasser Kohlensäure zugeführt wird, Anteil.

Mit ebensolcher Freude kann ich konstatieren, daß ein anderer Gelehrter auf meine bereits veröffentlichten Karrenstudien eingehender zu reden kommt, S. Günther in München.[9]) Seine kritischen Betrachtungen über unseren Gegenstand schließt er mit den Worten ab: »Die Verwitterung unter der chemischen Einwirkung der Luft,

---

[1]) Hochstetter: Unser Wissen von der Erde. Allgemeine Erdkunde, 1886, S. 404.

[2]) Fraas: Scenerie der Alpen, 1892, S. VII der Einleitung, S. 229, 230, 231.

[3]) Supan: Grundzüge der physischen Erdkunde, 1884, S. 235. — Dasselbe, zweite Auflage, 1896, S. 362, 363. — Österreich-Ungarn. Länderkunde von Europa. Herausgegeben von Kirchhoff, I. Teil, 2. Hälfte, 1889, S. 32.

[4]) Sonklar: Allgemeine Orographie, 1873, S. 241.

[5]) Neumayr: Erdgeschichte. I. Bd., 1886, S. 453. — Dasselbe, zweite Auflage, 1895 S. 500, 501.

[6]) Senft: In Leunis: Synopsis der drei Naturreiche, III. Abt., Mineralogie und Geognosie, bearbeitet von Senft. II. Abt., I. Bd., 1876, S. 96. — Die Schöpfungen des Regenwassers. Ausland, 1868, II. Bd., S. 1065/66.

[7]) Fritsch: Allgemeine Geologie, 1888, S. 313.

[8]) Credner: Elemente der Geologie, 1883, S. 208, 209. — Dasselbe, achte, neuverbesserte Auflage. 1897, S. 198, 199.

[9]) Günther: Lehrbuch der physikalischen Geographie, 1891, S. 411. — Lehrbuch der Geophysik. II. Bd., 1885, S. 634. — Dasselbe, zweite, wesentlich verbesserte Auflage. II. Bd., 1899, S. 879—881. — Vgl auch E. Rudolph, L. Neumann, H. Sieger im Geographischen Jahrbuch, XXIII. Bd. 1900. Gotha 1901; herausgegeben von H. Wagner.

des meteorischen und des aus Gletschern entbundenen Wassers hat unsers Dafürhaltens den Grundplan eines Karrenfeldes in die Kalkfläche eingezeichnet, und auch die mechanische Stoß- und Schleifwirkung des fließenden Wassers hat bei der Herausarbeitung der scharfzackigen Firste und Kämme deutliche Spuren hinterlassen.«

E. Brückner[1]) knüpft die Entstehung der typischen Karren an reinen Kalkstein. Sie selbst sind eine Art Regenrinnen, entstanden infolge der kalkauflösenden Tätigkeit des Wassers. Die auf Karrenfeldern nicht selten auftretenden Fugen sind an die Klüfte im Gestein geknüpft, ebenso sind auch die Karrenbrunnen durch Auflösung brunnenartig erweiterte Klüfte, die gewaltig zerfressene Wände aufweisen und durch die das erodierende Wasser in der Tiefe verschwindet. Von der Vegetation meint Brückner, daß sie der Bildung der Karren feindlich sei, weil sie die Abspülung hemme. »Wo man im Walde Karren findet, da sind sie gleichsam tot. Sie vertiefen sich nicht weiter und die Rücken zwischen ihnen haben alle Schärfen verloren. Sie sind in vielen Fällen offenbar zu einer Zeit entstanden, wo der Boden vegetationslos war.« An einer anderen Stelle erwähnt Brückner »versteinerte Karrenfelder«. Diesen Vergleich wendet er an auf die Taschen und Rinnen, womit der Crinoidenkalk in den Dachsteinkalk eingreift.

Ähnlich wie Brückner erklärt H. Wagner[2]) in seinem »Lehrbuche der Geographie« die Entstehung der Karren.

W. Ule[3]) spricht nur von einer rein chemischen Erosion bei der Karrenbildung, die auf nahezu horizontal gelagerten, vegetationslosen Kalksteinschichten statthat.

Es erübrigt mir schließlich, in diesem geschichtlichen Überblick noch einiger nichtdeutscher Forscher zu gedenken, zumal wir unter ihren Arbeiten einer wertvollen Karrenmonographie begegnen. Mit ausführlicheren Nachweisen tritt Bourgeat[4]) mehr für eine mechanische Erosion ein. Rollier[5]) hat im Jura gefunden, daß sich Karrenfelder oberhalb der höchsten Grenze der alten Gletscher ausbreiten, und erblickt darin einen Beweis, daß die Karren völlig unabhängig von den Gletschern sind. Eine jahrhundertelange Regenerosion und die Klüftchen sind die einzigen Ursachen zur Karrenentstehung. Er neigt also den Ansichten Heims zu; mehr aber lehnen sich an diesen an Lapparent[6]) und Martel.[7])

L. Duparc und A. Le Royer[8]) sind der Meinung, daß die Karren nicht durch eine regellose und launenhafte Auflösung entstanden sind. Wenn auch die Spalten beim ersten Anblick regellos erscheinen, so gewahrt man doch ihre große Symmetrie bei der Betrachtung von einem erhöhten Standort aus. Zwei Spalten-

---

[1]) Brückner: Die feste Erdrinde und ihre Formen. Ein Abriß der allgemeinen Geologie und Morphologie der Erdoberfläche. 1897, S. 204—206. — Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Geographische Abhandlungen, herausgegeben von Penck. I. Bd., H. 1, S. 42.

[2]) Wagner: Lehrbuch der Geographie. I. Bd. Allgemeine Erdkunde, 1900, S. 276.

[3]) Ule: Grundriß der allgemeinen Erdkunde 1900, S. 82.

[4]) Bourgeat: Quelques observations nouvelles sur les Lapiez, etc. Bulletin de la Société géographique de France. XXIII, 1895, S. 414—420.

[5]) Rollier: Sur les Lapiez du Jura. Bull. de la Société des Sc. nat. de Neuchâtel. XXII. 1893—94.

[6]) Lapparent: Traité de Géologie, Paris 1883, S. 318, 319. — Leçons de Géographie physique. 2. Aufl. Paris 1898. S. 90—92.

[7]) Martel: Les Cévennes, Paris 1890. — Les Abîmes, 1894, S. 110.

[8]) Duparc und Le Royer: Essais sur les diaclases produites par torsion; Archives des Sc. nat. XXI. 1889, S. 78, 464. — Contribution à l'étude expérimentale des diaclases produites par torsion, avec figures. Ibid. XXII. 1889. S. 297. — Origine probable de certains lapiaz. Ibid., XXV. 1891, S. 469. — Vergleiche auch: O. Asp; Explication géométrique des brisures étudiées par M. M. L. Duparc et A. Le Royer; Archives des Sc. nat. 1890, S. 359.

richtungen lassen sich vorzüglich beobachten, die annähernd senkrecht auf einander stehen; eine Richtung davon ist vorherrschend. Die großen Furchen werden von parallelen kleineren Rissen begleitet. Sie beginnen oft an einer Bruchstelle und verbreiten sich von da aus nach bestimmter Richtung. Ein ursprüngliches Netz von Falten ist vorauszusetzen, das auf alle Fälle durch eine Art »Torsion« zu stande gekommen ist, welche Torsion man tatsächlich schon mehrfach in den Savoischen Voralpen nachgewiesen hat. In dieser Annahme werden die beiden Forscher durch das Nachahmen der Experimente von Daubrée [1]) bestärkt, welcher durch Drehen, Winden (Torsion) von Glas- und Porzellanplatten eine Reihe eigentümlicher Formen erhielt.

Die von Duparc und Le Royer ausgesprochenen Gedanken griff E. Chaix [2]) auf und gab denselben eine kartographische Fixierung durch seine topographischen Aufnahmen auf dem Désert de Platé. Und darin besteht der Wert seiner Monographie; er ist der erste, der den Richtungsverlauf der Haupt- und Nebenspalten kartographisch festzuhalten sucht, soweit es ihm der Maßstab der Karte (1:5000) gestattet. Tiefere Untersuchungen der Entstehungsursachen der mannigfaltigen Formen gibt er nicht. Chaix bezeichnet die Spalten mit »Crevasses« und die Rinnen an der Oberfläche mit »Ciselures«. Sind die ersten offenbar sehr hohen Alters, so sind die letztern postglacial. Die verschiedenen Spalten können nicht durch ein und dieselbe Ursache entstanden sein. Nur eine kleine Anzahl »Crevasses« scheinen auf Ursprung durch Gletschererosion zu deuten. Die chemische Ausnagung bewirkt die Oberflächenrinnen; sie hat wohl auch die Spalten mitgemodelt, ist aber nicht deren erste Ursache. Diese erste Ursache ist schwer zu erklären, es ist nicht unmöglich, daß die Hauptspalten durch Torsion oder Kompression entstanden sind, doch fehlen noch umfassendere Nachweise. Die Steinpolster und Steinwulste, die sessel-, würfel-, und kegelfömigen Gebilde, die durch Risse und Aushöhlungen, meistens senkrecht zur Abdachung laufend, abgesondert werden, können unmöglich durch mechanische Erosion gebildet sein, durch die chemische aber nur durch die unumgängliche Vermittlung einer anderen Ursache. Man hat gefunden, daß einzelne Teile von Kalkfelsen und Kalkblöcken leichter zerstört werden als andere benachbarte und sucht sich diese Erscheinung dahin zu erklären, daß man eine innere Umwandlung annimmt. Durch diese innerste Modifikation wird die Homogenität des Gesteins zerstört und eine Art unsichtbarer Risse geschaffen, die der Erosion angreifbare Flächen gewähren und so das Kalkgestein aufschließen. Chaix sagt, daß es wahrscheinlich dieselben Risse sind, die man im Granit findet, die sogenannten »Joints de retrait«, »Diaklases« oder — mit dem besseren Ausdruck von Daubrée — »Synklases«.

---

[1]) Daubré: Etude synthétique de géologie expérimentale. 1879.

[2]) Chaix: Contribution à l'étude des Lapiés. La Topographie du Désert de Platé (Haut-Savoie). Extrait du Globe, Journal géographique. XXXIV. Genève 1895.

IV. Teil.

Karrenkarte und Karrenbild.

Weit über 100 Jahre sind die Alpen das große Übungsfeld der Kartographie, die Hochschule der schwierigeren Geländedarstellung. Schon manches topographische und kartographische Problem ist hier gelöst worden, aber auch manches harrt noch seiner Lösung, wie das der besseren Felsdarstellung in Steilgebieten (-geländen) und das der präzisen einheitlichen Beleuchtung. Gewiß hat Oberhummer sehr recht, wenn er sagt, daß »kein Zweig der kartographischen Tätigkeit an das Geschick und das technische Können des Zeichners höhere Anforderungen stellt als die Wiedergabe des Geländes«.[1]) Ausgezeichnete Arbeiten liegen jetzt vor von den tüchtigen schweizerischen, österreichischen und bayerischen Topographen. Alle diese schaffen vielfach nach gleichen Grundprinzipien, aber in der Auffasssung und Darstellung des Geländes gehen sie sehr weit auseinander. Einen Markstein in der neuesten alpinen Topographie bildet die Karte der Zugspitze 1 : 10000 des Topographischen Bureaus in München. Das großartigste, was bisher als Einzeldarstellung in der alpinen Kartographie geleistet wurde, ist die mit Unterstützung des D. u. Ö. A.-V. herausgegebene Karte des Vernagtgletschers, ein Werk Finsterwalders, eine kartographische Arbeit, die in Bezug auf Peinlichkeit der Ausführung und auf Genauigkeit der Aufnahme ihresgleichen in der gesamten alpinen Kartenliteratur nicht wiederfindet.[2]) Diese Karte, die zugleich auch einen Markstein in der Gletscherforschung bedeutet, und andere Spezialkarten kommen bisher nur dem Gletscherphänomen zu gute, weniger den ganz bestimmt ausgesprochenen Terrain- und Gesteinstypen, ja sogar den Landschaftstypen, wie wir mit einigem Vorbehalt sagen können.

An die kartographische Darstellung eines Karrenfeldes hat man sich sozusagen noch nicht gewagt, was ja zuletzt nicht zu verwundern ist; denn es gehört eine ganz besondere Lust und Arbeitsfreude dazu, in einem Karrenterrain längere Zeit hindurch zu arbeiten.[3]) Das größte Hemmnis zur Darstellung hat wohl immer der Maßstab gebildet; denn die üblichen Originalaufnahmen 1 : 25 000 erlauben keine genügende Zeichnung von Detailformen.

Die erste kartographische Wiedergabe von Karrengebilden gibt Blatt 400 (Linthtal) des Topographischen Atlas der Schweiz (Siegfried) 1 : 50 000, welches Blatt von Fr. Becker mit größter Sorgfalt aufgenommen worden ist. Man kann nicht umhin, diese Aufnahme schon als eine gute in Bezug auf die Darstellung des

---

[1]) E. Oberhummer: Die Entstehung der Alpenkarten. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V. 1901, S. 21 ff. Vergl. auch von dems. Verfasser: Über Hochgebirgskarten. Vortrag auf dem VII. Internationalen Geographen-Kongress in Berlin 1899. Verhandlgn., II., S. 85—98.

[2]) S. Finsterwalder: Der Vernagtferner. Seine Geschichte und seine Vermessung in den Jahren 1888 und 1889. Dazu ein Anhang: Blümcke und Heß: Die Nachmessungen am Vernagtferner. Der wissenschaftlichen Ergänzungshefte zur Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V. 1. Heft. 1. Bd. Graz 1897.

[3]) Auf die große Schwierigkeit, die den Mappeuren besonders auf den Kalkhochflächen entgegentritt, weist Ed. Richter bereits 1877 hin in seinem Aufsatz: Studien über die Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie 1 : 75 000. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V. 1877, S. 49.

Karrenphänomens zu bezeichnen. Unschwer läßt sich von der Karte ablesen, wie die Gegenden auf der Silbern, am Grieset, am Faulen, am Pfannenstock und am Mandliegg ganz anders beschaffen sein müssen als irgend ein Gebirgsstock mit seinem Gewirr von Berggipfeln und Talorganismen, wie hier vielmehr eine ganz eigenartige Anhäufung von kleinen Felszacken, Felsbuckeln, Felswänden und Felsrinnen statthat. Die zeichnerische Darstellung dieser Gebilde schwankt zwischen einer generalisierenden vertikalen und horizontalen Projektion. Ganz vermißt man die gewaltig ausgedehnten Spaltensysteme eines so ausgedehnten Karrenfeldes. Für die Entstehung der Karren kann diese Karte keinen Aufschluß geben.

Die Meßtischaufnahmen (1 : 25 000) des österreichischen Generalstabs lassen die Karrengebiete nicht als besonders lokalisiertes Oberflächenphänomen erscheinen. — Die detaillierte und ungemein fleißig gearbeitete Karte der Berchtesgadener Alpen von Waltenberger (Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V. 1885) läßt in der Gegend nördlich vom Riemann-Haus und bei der Wildalm und der Übergossenen Alpe auf Karren schließen, nur ist die charakterisierende Zeichnung auch auf Gebiete angewendet, die keine Karren aufweisen. Wesentlich besser erscheint uns die Zeichnung auf den Präzisionsblättern (1 : 25000) des Topographischen Bureaus zu München. Blatt 893 »Hoher Ifen« umfaßt ziemlich die Hälfte des Gottesackerplateaus. Eine vertikale Projektion der Karrengebilde ist maßgebend; gewiß ist es ein vortreffliches Zeugnis für die bayerischen Topographen, daß es ihnen bei einem solchen Maßstabe gelungen ist, Hauptspalten, Einbruchsrinnen des Plattert richtig zu fixieren. Überall auf meinen Streifzügen durch die Ifengruppe konnte ich mich von der exakten Arbeit überzeugen, wie sie in den Präzisionsblättern 893 und 894 mir zur Verfügung stand; nur das Rotbraun der Isohypsen und der Felszeichnung kann mir nicht gefallen, das beim Sonnenlicht viel zu blendend für die Augen ist. Vielleicht wäre es möglich, dies Rotbraun durch ein Blaugrau oder durch natürliche Sepia zu ersetzen. Das Ifenblatt selbst konnte ich erst auf meiner Reise im Jahre 1899 benutzen.

Als ich mich 1894 mit Krokieren auf dem Gottesackerplattert beschäftigte, wobei ich erst mehr den Blick auf das Auftreten von runden und scharfen Karrenformen richtete, fielen mir die eigentümlichen großen und kleinen Spalten auf, die einen gewissen parallelen Verlauf zeigten, was sich am besten von einem »Eck« oder »Bühl« aus beobachten ließ. In meinen hierüber niedergelegten und den Herren Professoren Richter, Ratzel und Credner damals unterbreiteten Notizen schrieb ich dies Spaltensystem sowohl dem geologischen Druck und der damit zusammenhängenden eigentümlichen Spaltungsfähigkeit des Kalksteins zu. Eine kleine Kartenprobe zeigte diese Erscheinung, zugleich reifte aber mein Entschluß, die Parallelität der Spalten und Druckwirkungen näher zu untersuchen und kartographisch festzuhalten. Meine Annahme, daß in einem tektonisch entstandenen Spaltensystem das Grundelement zu einer Karrenfeldbildung zu suchen ist, sollte noch im Jahre 1895 bestärkt werden durch die topographische Aufnahme eines typischen Karrenfeldes, des Désert de Platé in Hoch-Savoyen von E. Chaix. Dieser war auf anderem Wege zu demselben Resultat wie ich gekommen. Duparc und Le Royer hatten ihn zu seiner Arbeit angeregt. Diese fußten hinwiederum auf den berühmten Experimenten von Daubrée (vergl. hierzu Seite 56). Sie haben das Resultat ähnlicher Experimente mit großem Geschick auf die Karrenfeldbildung übertragen. Chaix hat ihren Auseindersetzungen durch seine topographischen Aufnahmen den kartographischen Ausdruck verliehen.

Die Arbeit von Chaix ist die erste kartographische Fixierung der Hauptspalten eines Schrattenfeldes. Darin liegt ihr Wert. Eine Karrenkarte aber ist sie nicht. Würde man sie einem Terrainkundigen, speziell Alpenkundigen, der die Alpen genau

kennt, entweder aus bergsportlicher oder wissenschaftlicher Neigung, vorlegen, so bin ich überzeugt, er wüßte nicht, was er damit anfangen sollte; daß sie ein Karrenfeld bedeute, darauf würde er wohl zu allerletzt kommen. Abgerissene, zu gleichmäßig verlaufende Höhenkurven, Höhenkoten und Striche für Täler und Spalten, das alles noch ohne Flächenkolorit, können unmöglich den Eindruck eines felsigen Terrains erwecken; selbst angestrengtes Nachdenken führt zu keinem erfreulichen Resultat. Trefflich vermerkt Obermair bereits in seinem ersten Aufsatz [1]) zur alpinen Kartographie; »Wir haben es bei der Terraindarstellung mit Körpern zu thun, die nicht bloß ihrer Grundriß-, also Horizontal-Gestaltung nach, sondern auch in Bezug auf ihre Höhen- und Böschungs- (Neigungs-) und wahren Längenverhältnisse genau erkennbar sein müssen.« Solche Gedanken leiteten auch L. Simon bei der Aufnahme und Zeichnung seiner Alpenkarten, man vergleiche nur unter anderen seine prächtige Oetztaler-Stubaier Karte (Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V. 1893), ferner auch Beckers Karte der Ferwallgruppe im XXX. Band unserer Zeitschrift 1899.

Darin besteht ganz eminent der Wert einer Karte, daß sie nicht bloß der Gelehrte, sondern auch der gebildete Laie ohne große Erklärungen und Auseinandersetzung versteht: Jeder, der durch irgend ein bestimmtes Gebiet gewandert ist, muß sich sagen: ja, so ist das Terrain, hier finde ich mich ganz wieder, so habe ich's auch da und dort angetroffen. Ermöglicht das die Karte, dann hat sie ihr höchstes praktisches Ziel erreicht: sie gibt ein Gebiet naturgetreu wieder und erweckt zugleich die Vergleichung mit ähnlichen und nichtähnlichen Gebieten. — Solchen Gedanken über eine echte Gebirgskarte hing ich nach und konnte mich von ihnen nicht mehr trennen, bis ich endlich nach längerer Unterbrechung meine Karrenstudien wieder aufnahm und meine Wünsche zu verwirklichen strebte.

Zweimal habe ich mich mit der Aufnahme des Gottesackerplateaus beschäftigt, im Juli 1894 und im August 1899. Die Hilfsmittel bei der ersten Aufnahme waren zwei Aneroide, eins von Hottinger (aus der Apparatensammlung des geographischen Seminars der Universität Leipzig) und ein Taschenaneroid von Naudet (Baromètre holostérique orométrique), dann ein ausgezeichnetes Kochthermometer (ebenfalls aus der Apparatensammlung des geographischen Seminars der Universität Leipzig), außerdem Visierplatte, Diopterlineal, Boussole und Maßstab. Dazu gesellte sich das unvermeidliche Skizzenbuch. Unermüdlich, ohne jeglichen Beistand vollführte ich meine Aufzeichnungen. Mein Nachtlager waren bald die Ifenalphäuser (zu den Auenalpen gehörig), bald die armseligen Alphütten der Gottesackeralpe und der Hochrubachalpe, selbst einmal eine verfallene Schafhütte, ungefähr in der Mitte des Gottesackerplateaus, deren Spuren heute ganz verwischt sind. — Die Hilfsmittel bei der zweiten Aufnahme waren drei Aneroide, das ausgezeichnete Taschenaneroid von Naudet — schon auf der ersten Reise benutzt —, ein Taschenaneroid von der Leipziger Firma Grabow und ein großes Naudetsches Aneroid Nr. 647 (Holosteric-Barometer. Kompensiert. Vom Verein für Erdkunde zu Leipzig). Mit letzterem war ich nicht recht zufrieden, da es fast immer einen ungemein niedrigen Stand anzeigte. Zu manchen Berechnungen habe ich's gar nicht benutzen können. Dieses Mal begleitete mich ein ausgezeichneter photographischer Apparat (Bildgröße 13×18 *cm*), dessen Gestell ich mir zugleich als Meßtisch herrichtete. Als Diopterlineal benutzte ich ein vortreffliches Instrument mit angefügter Boussole von Ertel & Sohn (München), ein Instrument, wie es auch im bayerischen Topographischen Bureau verwendet wird. Eine Meßschnur von 70 m Länge vervollständigte die kleine Aus-

---

[1]) L. Obermair: Über Kartenlesen und Kartenbeurteilung. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1881, S. 148, 149.

rüstung, der für geologische Zwecke noch einige Werkzeuge beigefügt waren. Auf kurze Strecken konnte ich auch das Pedometer verwenden. In Bezug auf Visuren hatte ich auf meiner zweiten Reise bessere Ergebnisse erzielt, als auf meiner ersten; zugleich benützte ich ein ähnliches selbstangefertigtes Instrument, wie es Oberstleutnant Obermair beschreibt.[1])

Mein Standquartier auf der zweiten Reise hatte ich auf der Grafen-Küren-Alp an den Oberen Gottesackerwänden, wo ich beim fürstlichen Jäger Josef Anton Paul ein für die Verhältnisse entsprechend gutes Unterkommen fand. Paul war vielfach mein Begleiter und meine Hilfskraft auf den Streifzügen durch das Gottesackerplateau, dessen örtliche Verhältnisse er besser kannte als ich; denn 18 Jahre schon beaufsichtigt er dieses dem Fürsten von Wolfegg gehörige Jagdrevier, und keine Woche vergeht, in der er nicht ein- oder zweimal oben ist, auch der strengste Winter sieht ihn dort. Für die Zeit, da mich Paul nicht begleiten konnte, engagierte ich den Bergführer Wüstner aus Riezlern. Beide zeigten sich sehr geschickt beim Transportieren und Aufstellen der Apparate; sie haben mir manchen Handgriff erleichtert, so daß ich Zeit für Notizen und Skizzen finden konnte.

Den photographischen Apparat hielt ich für ganz unentbehrlich, da die beste Handzeichnung doch die bizarren Steingebilde nicht so vollkommen und richtig genug wiederzugeben vermag. Wenn die Photographie für die Hervorhebung mancher bestimmter Formen sich als unzulänglich erweist, so besteht doch ihr Vorzug immer darin, daß sie die Wahrheit ohne Schmuck nnd Umschweif redet. Und wo wäre dies gerade besser angebracht gewesen als hier bei einer solchen kapriziösen Formengestaltung. Die photographischen Platten wechselte ich abends in der Grafen-Küren-Alpe, wo mir mein Schlafraum als Dunkelkammer dienen mußte. Für das Entwickeln der Platten hatte ich mich nicht eingerichtet, da ich den Abend noch zum Aufzeichnen von Beobachtungen, Bestimmen von Pflanzen und außerdem zur Vervollständigung der Landschafts- und Kartenskizzen benützen mußte, und die Zeit der Nachtruhe dadurch schon sehr verkürzt wurde. Im Dunkeln wurde bereits wieder aufgestanden, um rechtzeitig bei Tagesanbruch auf dem Plateau zu sein, und die Natur fordert auch ihr Recht, wenn man Tag für Tag 14 bis 16 Stunden in diesem Steingewirr herumklettert und nur kurze Ruhepausen zur körperlichen Erfrischung innehält. Das Wetter war fast den ganzen August hindurch sehr schön, infolgedessen war für die immerhin kurze Zeit die Ernte an Beobachtungsresultaten und Photographien eine recht reichliche und zufriedenstellende. Drei Doppelkassetten genügten beim Photographieren gerade für den Tagesverbrauch. 43 Aufnahmen brachte ich von der Reise mit. Ich kann nicht umhin, zu bekennen, daß mich ein banges Gefühl beschlich, als ich mit meinen Platten, wobei es sich noch um erste photographische Versuche handelte, heimwärts zog, und immer wieder schwebte mir die Frage vor: ob sie wohl auch gelungen sind? Wenn nicht — dann war ein Teil meiner Arbeit vergebens. Um so größer war natürlich meine Freude, als ich durch das günstige Resultat der Aufnahmen überrascht wurde. Die Photographien gaben mir nicht bloß einen wertvollen Anhalt für die Schilderung der orographischen Verhältnisse des Gottesackerplattert, sondern auch für die Führung der Isohypsen und für die Zeichnung des felsigen Terrains. Zugleich dienen sie mir als vorzügliche Belege für meine Argumentationen über die Karrenbildung. Vielleicht betrachtet man sie auch als willkommene Ergänzungen zu den Karrenbildern von Simony und Chaix.

---

[1]) Obermair: Einiges über Kartenlesen, Höhenmessung und Orientierung im Gelände. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1899, S. 138.

Simony ist wohl der erste, der nicht bloß auf eine Sammlung solch ganz bestimmter Typenbilder aufmerksam machte, sondern selbst durch eine solche Sammlung ein Muster für alle Zeiten geschaffen hat. 13 Tafeln seines Dachsteinwerkes sind allein den Karrengebilden gewidmet (vgl. nächste Seite). 13 Karrenbilder bringt Chaix.

Selbstverständlich können Autotypien nicht die Schärfe und Klarheit des photographischen Originals erreichen. Trotz der guten und etwas verkleinerten Reproduktion, wie sie sich in den beigegebenen Tafeln kundgibt, ist doch manche Feinheit der Photographie geschwunden. So lassen sich z. B. auf der Photographie zu Bild 8 (Tafel IV) im Vordergrund die Lauche vorzüglich erkennen, oder auf der zu Bild 12 (Tafel VI) die Kalkspatadern, die das Kalkgestein durchsetzen; durch die Zinkätzung aber sind diese Feinheiten verloren gegangen.

Wie steht es überhaupt mit der bildlichen Darstellung von Karrenfeldern? Keller bringt 1840 in der Veröffentlichung der Züricher Naturforschenden Gesellschaft die erste bildliche Wiedergabe eines Karrenfeldes als koloriertes Schwarzdruckbild, wenn auch etwas stilisiert, aber doch so gut, daß sich manche spätere Abbildung hinter ihr verstecken muß. Dieses kolorierte Bild wurde verkleinert als lithographischer Nachdruck in B. Studers Lehrbuch der physikalischen Geographie nebst einem idealen Durchschnitt durch ein Karrenfeld aufgenommen. Auf Tafel XXXI, Abbildung 231, gibt Gümbel in seiner geognostischen Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes eine Figur, die ein Karrenfeld darstellen soll. Es ist keine gute Darstellung und kann nicht den Eindruck eines Karrenterrains versinnbildlichen, ebenso auch nicht die Bilder in Gümbels Grundzügen der Geologie und seiner geologischen Beschreibung von Bayern: »Karrenfeld des Steinernen Meeres zwischen Schottmalhorn und Viehkogel bei der Funtensee alpe«, »ein Karrenfeld im Schrattenkalk der Platte des Hohen Ifen« und »ein Karrenfeld auf dem Steinernen Meere«. Der Fehler dieser Zeichnungen ist eben in der Unzulänglichkeit des Zeichenstiftes für solche bizarre Gebilde zu suchen. Etwas besser ist die Abbildung eines Karrenfeldes in C. Vogts Lehrbuch der Geologie. Waltenberger gibt seinem Aufsatz über den Hohen Ifen zwei kleine Skizzen bei, die einmal die scharfen Formen eines Karrenfeldes, anderseits die runden veranschaulichen. Die Abbildungen, die Heim seinen Publikationen über Karren beifügt, spiegeln nur einen Formentypus wieder. Von diesem einen Formentypus entwirft er auch einen Durchschnitt, dem wir bei Günther, Richthofen, Supan u. a. wieder begegnen; vergl. Seite 54 ff. Fuggers Untersuchungen über die Karrenfelder am Untersberg sind von Abbildungen begleitet, deren eine ein Karrenfeld mit runden, mehr niedrigen Karrenfirsten darstellt. Ein interessantes Karrenbild bringt die Sektion Elterlein-Buchholz der Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen.[1])

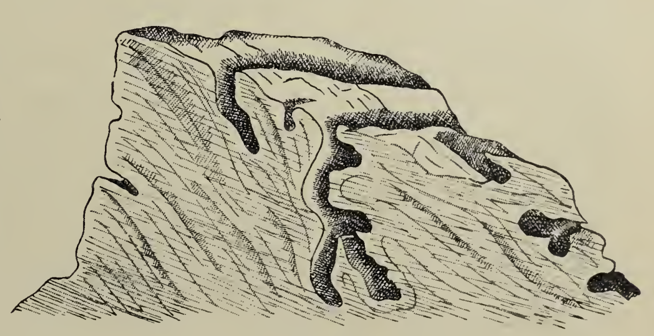


Fig. 43.

---

[1]) Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen. Sektion Elterlein-Buchholz. Blatt 138 von A. Sauer. S. 36. Zweite Auflage, revidiert von C. Gäbert. Leipzig 1901, S. 31.

Das Bild (Figur 43) veranschaulicht eine Karrenbildung im fiskalischen Kalkbruche von Oberscheibe. Leider ist der karrenbildende Kalkstein, der bei der ersten geologischen Aufnahme der Sektion (1878) noch zu sehen war, jetzt abgetragen. Ich erachtete es darum geradezu als meine Pflicht, dieses merkwürdige und doch so charakteristische Vorkommen von Karrenbildungen im deutschen Mittelgebirge auch hier festzuhalten; der Direktor der sächsischen geologischen Landesuntersuchung, Herr Geheimer Bergrat H. Credner, gab mir zur Reproduktion des beigegebenen Bildes recht gern seine Einwilligung. Diener bringt auf Tafel II seines Libanonwerkes eine photographische Nachbildung eines von ihm zwischen Aka und Meirûbah aufgenommenen Karrenterrains. In Umlaufts Handbuch der Alpenkunde befindet sich ein wenig gelungener Holzschnitt von Simonys Abbildung: Das Karrenfeld auf der Wiesalpe. Simony erachten wir als den größten Meister bildlicher Darstellungen typischer Gebirgslandschaften. Jahrzehnte hat Simony verwendet, um alpine Probleme bildlich zu veranschaulichen. Er ist ein Vertreter der Zeichnung als des unentbehrlichsten Anschauungsmittels, wie es so deutlich schon aus seinen Worten im Wiener Sitzungsbericht der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften des Jahres 1852 hervorgeht, mit denen er vor allem betont »die auf tiefere Naturkenntnis gegründete wissenschaftliche Zeichnung und ihre Bedeutung in allen Zweigen des physikalischen Wissens, welche auf die Gestaltung des Terrains, auf die Verschiedenartigkeit der Formation unsrer Erdfeste und auf die Entwicklungsstufen des organischen Lebens in verschiedenen Zonen und Höhen Rücksicht zu nehmen hat.« Die erste Originalzeichnung eines Karrenfeldes, des der Ochsenwiesalpe, veröffentlichte Simony im Jahrbuch des Österreichischen Alpenvereins 1871. Wenn diese chromolithographische Reproduktion noch eine ungenügende ist, so steht das Bild in seiner Wirkung als typische Karrenlandschaft weit über allen bis dahin vorhandenen Karrenfeldabbildungen. Auf Tafel IV in seinen Beiträgen zur Physiognomik der Alpen bringt Simony eine Reproduktion des Karrenfeldes der Wiesalpe in Phototypie. Trotzdem er ein großer und sicherer Meister des Zeichengriffels war, ist er zum Photographieren übergegangen. Die Photographie bot ihm doch die sicherste Gewähr für die Richtigkeit einer Terrainform. Bei seinem langjährigen Interesse für das Karrenphänomen war es natürlich, daß er der Karrengebilde in seinem monumentalen Dachsteinwerke vornehmlich gedachte. Die Tafeln, die sich auf das Karrenphänomen beziehen, sind folgende: Taf. V, Rundhöcker am Eingange der Wiesalpe; Taf. VI, Karrenfeld in der Wiesalpe; Taf. VII, Karrenfeld nächst der Ochsenwieshöhe; Taf. IX, Das Wildkar vor Losbruch eines Schneesturms; Taf. XIII, Partie im Wildkar; Taf. XXIII, Aussicht vom Hirzberg auf den westlichen Teil des Dachsteinplateaus; Taf. XL, Die Ochsenwiesalpe; Taf. XLIV, Dolinenbildung im Karrenterrain am Gosauer Gletscher; Taf. XLV, Der eisfrei gewordene Teil des Bettes des Gosauer Gletschers; Taf. LIX, Nordöstliche Ansicht der Gosauerspitzen von der Roßrückenalpe. — Eine ganz wichtige Tafel ist XCV, Erosionsformen im Karrenterrain. Acht photographische Aufnahmen von Handstücken bringen interessante Karrendetailformen zur Anschauung. Hieran reihen sich noch zwei Tafeln: XCVI, Karrenbildungen südlich vom Niedern Grünberg und XCVII, Karrenbildungen ostwärts vom Koppenkarstein.

Taf. VI, das charakteristische Karrenterrain der Wiesalpe, dessen Entstehung Simony vorzugsweise auf die Schmelzwässer alter Gletscher zurückführt, ist in sehr vergrößertem Maßstabe in die Serie der Wandtafeln für den Unterricht in der Geologie und physischen Geographie, herausgegeben von H. Haas, eingereiht worden. Auch ich brachte diese Abbildung in meiner Geschichte des Karrenproblems (1895), und neuerdings erscheint sie wieder in Ratzels vergleichender Erdkunde

»Die Erde und das Leben«. Leider kommen auf diesem Bild die typisch zackigen und scharfen Formen eines größeren, weit charakteristischeren Karrenfeldes nicht zum Ausdruck.

Mehr oder minder gute Photographien gibt es noch von dem Karrenterrain des Steinernen Meeres; eine kleinere Photographie ist mir zur Hand aus dem photographischen Verlag von Würthle & Sohn in Salzburg. Eine Zinkätzung nach Photographie ist das Karrengebilde aufweisende Bild auf Seite 276/277 im ersten Band der Erschließung der Ostalpen (E. Richter): Die Schönfeldspitze vom Steinernen Meere aus. Die Karren der Sulzfluh hat Immler in Bregenz photographiert. Hassert photographierte Karrenfelder, karrenfeldähnliche Bildungen in den montenegrinischen Karstgebieten, Mader in den Seealpen, Stöcker auf meine Veranlassung im Kaisergebirge (Bild 28, 29, Taf. XIV). Auf die Photographien von Chaix haben wir oben schon hingewiesen; ihr Wert besteht vor allem darin, tiefer in die einzelnen Spaltenformen eines Karrenfeldes eingedrungen zu sein.

Photographieren und Topographieren sind keine leichten Aufgaben in einem Karrenterrain. Geduld beim Postieren der Instrumente, Geduld zum Ablesen sicherer Resultate, Geduld beim Umgehen von Terrainschwierigkeiten, — und wie langsam geht die Arbeit vor sich! Ist das Wetter günstig, so kann man auf ein immerhin gutes Tagesresultat zurückblicken.

Die barometrischen Messungen habe ich 1894 an die trigonometrischen Punkte der österreichischen Landesvermessung angeschlossen. Nur wenige Koten der österreichischen reambulierten Karte konnte ich benutzen, ebenso auch von der neuen bayerischen Aufnahme der Positionsblätter, die ich 1899 als Ausgangspunkt für meine Messungen mit dem Aneroid machte. Ich will nicht vergessen, zu bemerken, daß ich meine Aneroide sowohl auf der Hin- wie auf der Herreise noch in der meteorologischen Beobachtungsstelle beim Herrn Geistlichen Rat Heinle in Oberstdorf mit dem dort angebrachten Quecksilberbarometer kontrollierte. Zehn eingemessene Punkte der österreichischen und bayerischen Karte kommen meiner Karte direkt zu gute, von 318 eigenen barometrischen Messungen 213, wovon die vorliegende Kartenfläche selbst 84 wiedergibt; viele andere von ihnen sind zur Bestimmung und Bezeichnung der Höhenkurven am Rande der Karten angebracht worden; manche, die ich nicht für nötig erachtete, ließ ich bei der fertigen Karte weg.[1]) Die innerhalb der Kartenfläche angebrachten barometrischen Höhenkoten sind meistenteils solche, von denen aus visiert wurde. Die Winkel wurden fast immer nach den gleichen Visierpunkten eingerichtet. Wichtige Punkte beim Visieren waren mir die Scharte, 1968 *m*, der Oberen Gottesackerwände, die höchste Erhebung des Ifengipfels, 2230,6 *m*, das Ostende des Hohen Ifen, 1950 *m*, Didamskopf, 2087 *m*, Heuberg, 1793 *m*, Widderstein, 2536 *m*, Trettachspitze, 2585 *m*, Hochvogel, 2594 *m*.

Eines wichtigen und schwierigen Punktes bin ich bei der Herstellung der Karte enthoben gewesen, der Beschreibung der Karte mit Namen. »Hier sind die Klippen und Schwierigkeiten zahllos.«[2]) Im Charakter einer derartig geographisch-physikalischen Karte liegt es aber, den Gesamteindruck der physischen Verhältnisse nicht durch reiche Namen- oder Zahlenangaben zu entstellen. Viele Namen zu bringen, verbieten schon an und für sich die spärlich fließenden Bezeichnungen für die einzelnen Gebietsteile des Gottesackerplateaus; und doch weist die Karte immer-

---

[1]) Eine bindende Norm über die Aufnahme von Zahlen läßt sich nicht aufstellen; »es ist Takt- und Geschmackssache«, wie Ed. Richter sehr richtig ausführt auf S. 51 in seinem Aufsatz: Studien über die Spezialkarte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1877.

[2]) Ed. Richter, a. a. O., S. 49.

hin noch 9 Namen auf: »Hochrubachalpen« A I; »Am Loch« A I, II; »Gottesackeralp« A V, VI; »Gottesackerloch« A VII; »Am Hohen Döllen« B V, VI; »Obere Schafalpen« D VII, VIII und C VIII; »Ifenplatte« F II, III; »Tiefer Ifentobel« G I; und »Obere Kessellöcher« G VIII, IX.

Die Originalkarte habe ich im Maßstab 1 : 5000 entworfen und gezeichnet. Die diesem wissenschaftlichen Ergänzungsheft beigegebene Karte erscheint im Maßstab 1 : 7500. Sie ist als eine direkte photographische Verkleinerung meines Originals um 1/3, durch Strichätzung hergestellt worden und hat gegenüber dem Original doch etwas an Feinheit und Weichheit der Zeichnung eingebüßt. Doch ist dies sehr wohl zu verschmerzen gegenüber den beträchtlichen Mehrkosten, die eine Herstellung der Karte in Kupferstich erfordert hätte; und wäre letzteres geschehen, dann war es immer noch fraglich, ob der Kupferstecher das Original nach jeder Richtung hin verstanden hätte. Es bleibt somit die vorliegende Wiedergabe die beste und verhältnismäßig billigste. Etwas kleiner, unklarer und bereits verwischter in den Detailformen ist die Reproduktion der linken Hälfte meiner Karte in Ratzels Werk »Die Erde und das Leben« (I. Bd. 1901, S. 546). Wenn ich hier des weiteren von der Karte und ihren Verhältnissen rede, so meine ich die Originalaufnahme 1 : 5000; man beachte dementsprechend die sich ergebenden Differenzen zu der beigegebenen Karte 1 : 7500.

Der Maßstab 1 : 5000 hatte mir von allem Anfang an vorgeschwebt. Die Wiedergabe von Detailformen, die für eine derartige Landschaft unbedingt notwendig sind, hat aber ergeben, daß dieser Maßstab bei weitem nicht ausreichend ist. Erst ein Maßstab von 1 : 2500 kann einigermaßen befriedigen, sowohl für die Wiedergabe von Haupt- und einiger Nebenspalten, von eigentümlich ausgeprägten Fels- und Talformen, von charakteristischen Karrenfirsten und Karrenbrunnen und -löchern. Ich habe mich aber redlich bemüht, bei dem nun einmal angenommenen Maßstab so viel wie möglich Charakteristik in die Karte hineinzuarbeiten, so wie es die Natur einer Karrenlandschaft erfordert. Links und rechts oben, ebenso rechts unten sind die größeren Einbruchstäler und Einbruchsspalten; der Tiefe Ifentobel ragt links unten an das Gottesackerplattert heran. Über das gesamte Plateau ziehen sich Hügel an Hügel, dazwischen schmale und weite Talflächen. Etwas einförmiger gestaltet sich die Ifenplatte. Von der roten Markierung der A.-V.-S. Immenstadt (ungefähr in der Mitte des Plateaus) zieht sie sich allmählich ansteigend von 1900 *m* an bis zu einer Höhe von 2070 *m* im Westen und bis zum Hahnenkopf (2144 *m*) im Südwesten.

Schwierigkeiten treten einem weiterhin bei der kartographischen Fixierung der Spalten entgegen. Schon bei der Aufnahme steht man manchmal vor der Frage: Welches ist die Hauptspalte? Weiter wird diese Frage durch die Wahrnehmung veranlaßt, daß eine Spalte, nachdem man sie 30 — 50 *m* weit verfolgt hat, plötzlich aufzuhören scheint. Sie nähert ihre Wände auf Millimeterentfernung, ja diese stoßen auch ganz zusammen und dann erweitern sie sich wieder und können noch weithin verfolgt werden. Einen derartigen Wechsel des Spaltenraums kann man bei einem Maßstab 1:5000 nur ungenügend wiedergeben. Wiederum ereignet es sich, daß auf einer Breitenerstreckung von 100 *m* 200—250 nebeneinander herlaufende Spalten gezählt werden können. 100 *m* in der Natur sind auf meiner Karte 2 *cm*; das ergibt auf 1 *mm* 10 und mehr Spalten. Zeichnerisch dargestellt ergibt es nichts. Da muß gewissermaßen ein natürliches Gefühl das Richtige herauszufinden wissen, wobei es durch das den Verlauf der Oberflächenlinien verfolgende Auge unterstützt wird, vor allem auch durch den Kompaß, der bei diesen Aufnahmen nicht einen Augenblick die Hand verläßt, der ebenso bei der Bestimmung des Einfallswinkels der Querspalten

in die Hauptspalten stets zur Beobachtung bereit sein muß. Die Querspalten fallen in manchen Teilen mit rechtem Winkel ein, so im Westteil, noch deutlicher im mittleren und unteren Ostteil. Auf der Ifenplatte fällt eine Spaltenrichtung mit 35° in die Hauptrichtung ein, außerdem ein weniger ausgeprägtes Spaltensystem mit 40° (resp. 140°). — Mancherlei muß zuletzt auch der Photographie überlassen bleiben.

Neben den großen Spalten müssen auch kleinere Formen auf einer Karrenkarte berücksichtigt werden, so unter anderen Karrenlöcher und Karrenbrunnen. Wenn sie bei unserem Maßstabe auch nicht in ihrer Gesamtheit wiedergegeben werden können, so doch ihr spezifisch örtliches Auftreten, wenn möglich ihre Durchschnittsgestalt. In D IV, V und E IV, V sieht man Löcher im Sinne der Hauptspaltenrichtung verlaufen. Es sind jene Gebilde, die der Vordergrund der Photographie 12 (Taf. VI) erkennen läßt. Auf größere Löcher, auf Karrenbrunnen trifft man mehr auf der Osthälfte des Plateaus. Es sei besonders auf das merkwürdige Auftreten von Löchern in D VIII und IX hingewiesen, die an einer großen Bruchspalte nebenherlaufen.

Selbst auf die Verbreitung einzelner typischen Karrenformen habe ich meine Aufmerksamkeit gerichtet. Sie auf einer Karte wiederzugeben, ist vielleicht das allerschwierigste. Will man hierbei ein anschauliches Bild erzielen, so kann es sich nur um eine Art von Vertikalprojektion der Formen handeln. Meine Zeichnung ist nur ein schwacher Versuch, die scharf ausgeprägten Karren von denen zu scheiden, die in sich zusammengebrochen und verwittert sind und bloße Trümmerhaufen bilden. Die am schärfsten ausgemeißelten Karren, wie sie Bild 11 (Taf. VI) zeigt, finden sich auf der Karte in E III, IV und F III. Weitere und bessere Details sind nur einer Karte größeren Maßstabes vorbehalten.

Unberücksichtigt ließ ich auf der fertigen Karte die Schnee- und Firnflecke. Auch ihre Wiedergabe überweise ich einer Karte größeren Maßstabs. Ihre Zahl auf den von der Karte umfaßten Raum schätzte ich im Jahre 1899 auf 90, 1894 auf 120. Wenn ich hierüber auch keine ganz verläßlichen Aufzeichnungen gemacht habe, so ergibt schon die Differenz von 30 bei einer allgemeinen Schätzung, daß ihre Anzahl mit den verschiedenen Sommern ganz verschieden ist. Jäger Paul versicherte mir, daß es sogar Sommer gegeben habe, in denen sämtlicher Schnee verschwunden sei. Ist diese Meinung auch nicht aufrecht zu erhalten, so ist sie doch charakteristisch genug für den Wechsel der Anzahl der Firnflecke. Bei den Firnflecken auf dem Gottesackerplattert konnte man 1899 Flächenausdehnungen von 10 bis 160 *qm* messen, ausgenommen die grosse Firnschneeanhäufung am Hohen Ifen (siehe S. 16).

Reich mit Schätzen mancherlei Art beladen kehrte ich 1899 heim. Eine zwar mühevolle, aber an schönen Erinnerungen reiche Fahrt war vorüber. Jetzt kam der schwierige Teil der Arbeit. Das Aufnehmen eines Terrains mit einfachsten Instrumenten vermag jeder geschickte und aufmerksame Arbeiter. Jetzt galt es jedoch, die gewonnenen Ergebnisse zu einer halbwegs brauchbaren Karte zu verarbeiten. Diese Arbeit für die Karte allein beschäftigte mich vom September bis Dezember 1899. Zunächst stellte ich zwei Entwürfe her, der eine brachte die Vermessungen vom Jahre 1894, der andere vom Jahre 1899. Beide Karten habe ich dann zusammengearbeitet und so gut es eben ging mit der österreichischen und bayerischen Aufnahme (1:25000) verglichen. Zur Auszeichnung der vorliegenden Karte selbst gebrauchte ich vier Wochen, was im Januar und Februar 1900 geschah. Ich versuchte erst eine Zeichnung mit Sepia. Tusch- und Federzeichnung wollte ich vereinen. Doch ließ ich diesen Versuch bald wieder fallen, da die Tuschzeichnung die Härte und Launenhaftigkeit der Formen nicht so charakteristisch wie eine reine Federzeichnung wiederzugeben vermochte. Flächenkolorit kann hier auch nur bei einem größeren Maßstab von Nutzen sein.

Nachdem ich einen großen Teil der Karte in Federzeichnung ausgeführt hatte, gefiel sie mir bei eingehender Betrachtung gar nicht; sie wirkte nicht körperhaft. Da die Farbenplastik von vornherein ausgeschlossen war, so konnte es sich nur um eine schattenplastische Wirkung handeln.[1]) Nur entsprechender Wechsel von Licht und Schatten ermöglichen das Körperhafte. Beides nun so verteilen, wie es bei diffusem Licht der Fall sein würde, davon mußte ich auch absehen. Kein rechter Effekt wurde erzielt. Darum entschloß ich mich zu einer westlichen Beleuchtung. Indem ich mir erst eine Schummerungsskala ausarbeitete, suchte ich dann die Wirkung der einzelnen Schummerungsgrade durch die Wirkung von einer größeren oder kleineren Anzahl feinster Strichelchen in Längs-, Quer- und Kreuzlage zu ersetzen. Wollte man bei der reinen Federzeichnung verbleiben, so war dies der einzig mögliche Fall. Haften dieser Art zugleich ihre Mängel an, so war es doch ein annehmbarer Ausweg. Das einfachste wären ja sicherlich die Schraffen gewesen. Diese hätten aber das Typische der Karte verwischt und einzelne richtige Formen zerstört und der Unterschied zwischen den großen Talspalten, den weiteren Talungen und den Karrenhügeln wäre nicht gut zu erkennen gewesen. Ich meine, auch Licht und Schatten müssen nicht bloß bei verschiedenem Maßstabe, sondern auch bei verschiedenen Landschaften verschieden, d. h. zur betreffenden Landschaft jedesmal charakteristisch behandelt werden. Handelt es sich um die Darstellung eines Terrains im größeren Maßstab, so stimme ich ganz mit Finsterwalder überein: »Man läßt bei den großen Formen der vertikalen Beleuchtung ihr Recht, indem man den durchschnittlichen Tonwert nach der einmal festgesetzten Skala mittleren Neigungen anpaßt. Bei dem Detail innerhalb der großen Formen wendet man dagegen schiefe Beleuchtung an, wobei man z. B. in den Gräben oder an den Graten die eine Seite dunkler, die andere heller behandelt, ohne sich übrigens in den verschiedenen Teilen der Karte streng an eine Beleuchtungsrichtung zu halten.«[2]) Ich habe eingehendere Untersuchungen und Versuche über die Beleuchtung des Terrains angestellt und Proben angefertigt, die den tatsächlichen, den physikalischen Verhältnissen der Beleuchtung von verschiedenartig geneigten Flächen gerecht werden, und habe dabei gefunden, daß man bei der Beleuchtung von Karten viel zu sehr mit Annahmen operiert, die sich durch Autorität und Gewohnheit festgewurzelt haben und die den wahren Lichteinfallsgesetzen wohl hin und wieder nahe kommen, aber nicht entsprechen. Für allgemeine Übersichtskarten wird man nichts dagegen haben können, in Spezialkarten, wo durch Licht- und Schattenverteilung ein getreues Abbild der Naturverhältnisse geschaffen werden soll, sollte aber weit besser den wahren Beleuchtungsverhältnissen Rechnung getragen werden, ganz gleich, ob der Lichteinfall von oben oder von seitwärts her gedacht wird. Die nach dieser Richtung hin angestellten Untersuchungen werde ich an anderer Stelle veröffentlichen.

Der Karte habe ich einen festen Umriß gegeben, über die Fläche selbst ein Netz von Quadraten — Rechtecke an der Nord- und Ostseite — gespannt, dessen Seiten 4 *cm* = 200 *m* in der Natur sind. Ich erachtete dies für notwendig zur Einführung in die Wiedergabe der einzelnen Karrenformen. Der Text nimmt vielfach Bezug auf einzelne bestimmte Gebiete. Bei einer Karte größeren Maßstabes kann eventuell das Netz wegfallen oder wenigstens andersfarbig angedeutet werden.

[1]) Auch hierbei ist zu beachten Karl Peucker: Schattenplastik und Farbenplastik. Beiträge zur Geschichte und Theorie der Geländedarstellung, 1898, sowie verschiedene andere Aufsätze von demselben Verfasser, besonders in Hettners »Geographischer Zeitschrift«.

[2]) S. Finsterwalder: Der Vernagtferner. Wissenschaftliche Ergänzungshefte zur Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., I. Bd., I. Heft. Graz 1897, S. 44.

In keinem Terrain ist die Konstruktion der Isohypsen so schwierig als in einem Karrenterrain.[1]) Für mich wuchs die Schwierigkeit der Aufgabe noch insofern, als ich sie durch denselben Farbeton wie das Terrain darstellte. Ihre Aequidistanz beträgt 10 *m*; die von 50 zu 50 *m* sind voll ausgezeichnet, während die dazwischenliegenden in Strichen sich zerteilende Linien sind. Bei Steilabstürzen verschwinden die Linien in der Felszeichnung. Ihre Höhen lassen sich immer wieder ermitteln, infolge der angegebenen Höhen und der am Rande befindlichen Isohypsenzahlen. Den absolut genauen Lauf der eigensinnigen, launischen Zickzacklinien wiederzugeben, ist ein Ding der Unmöglichkeit. Isohypsen in den Spalten lassen sich gleich gar nicht ziehen. Die Kurvenzeichnung wird auch bei einem größeren Maßstabe eine schematische bleiben; dann müßten aber Kurvenlinien von 5 zu 5 *m* gezogen werden, die zur Erhöhung der Charakteristik eines Karrenfeldes mehr beitragen als solche mit einer Aequidistanz von 10 *m*. Trotzdem hoffe ich, ein leidliches Kartenbild eines Karrenfeldes geschaffen zu haben. Vielleicht habe ich die richtige Terrainauffassung für eine derartige Landschaftsform bewiesen. Es ist überhaupt mit der Terrainauffassung etwas Eigenes, und Simon sagt mit Recht in den Alpinen Plaudereien eines Kartographen[2]): »Die Terrainauffassung aber ist eine Gabe so gut wie der Farbensinn und das Musikgehör.« Zur Terrainauffassung gehört vorwiegend das unterschiedliche Erkennen der vielgestaltigen Terrainformen. Infolgedessen ergibt sich weiterhin, daß man mit einer Terrainmanier nicht alle möglichen Terrainformen wiederzugeben vermag; jedes typisch ausgesprochene Terrain erfordert seine typische Terrainmanier. Es sei durchaus fern von mir, daß ich mir anmaße, den Schlüssel zu einer vollkommenen Darstellung des Karrenterrains durch vorliegende Karte gefunden zu haben. Ich bin mir des vielen Mangelhaften gar wohl bewußt, vorzüglich des Mangelhaften meiner Vermessung. Ja, zuweilen kämpfte ich mit mir, wenn ich so meine Vermessung mit der Präzisionsarbeit Finsterwalders verglich, ob ich die Karte herausgeben sollte oder nicht. Zuletzt fand ich aber in dem Gedanken Trost, daß die Aufgabe und der Zweck meiner Karte auf ganz anderem Gebiete als die der Karte von Finsterwalder liegen, daß eine Karte in größerem Maßstab und von präzisester Vermessung nicht an den Grundpfeilern meiner Argumentationen über die Karrenbildung zu rütteln vermag, und daß ich dasjenige, was mit einfachen Instrumenten ein Einzelner zu erreichen im stande ist, erreicht zu haben glaube.

Eine präzisere Vermessung kann nur mit Hilfe des Theodoliten und auf tachymetrischem Wege geschehen. Aber die Schwierigkeit der Herstellung sicherer Instrumentenstände! Von der Photogrammetrie verspreche ich mir in einem Karrenterrain nicht allzuviel.

---

[1]) Mit der Isohypsenführung ist es überhaupt ein eigenes Ding. Kontrolliere ich selbst auf besten Karten die Isohypsenbogen, so finde ich, daß sie sich fast durchgängig nach ein und derselben Manier generalisiert erweisen. Ihre Art der Generalisation soll aber den natürlichen Verhältnissen so gut wie möglich nachkommen. Das erstreckt sich selbstverständlich nur auf Karten größeren Maßstabes; und vor allem muß der Kartenzeichner das Terrain aus eigener Anschauung kennen. Einen Versuch mit richtigerer Isohypsenführung bei Generalisation von Terrainformen unter gleichen Verhältnissen habe ich auf der Karte der Ifengruppe, Seite 3, gegeben. Hier erscheint also bei einem ganz gleichen Verhältnis der Generalisation das Gebiet des Gottesacker ganz anders als benachbarte Gebiete; der Charakter des verschiedenen Gebirgsterrains spiegelt sich durch diese Art Isohypsenführung ganz gut wieder. Sie dürfte in keiner besseren Spezial-Gebirgskarte vernachlässigt werden. — Nachträglich habe ich noch die großen Steilwände eingezeichnet. Infolge der bereits ausgezogenen Isohypsen konnte ich die Felszeichnung nicht charakteristisch genug wiedergeben; sie erscheint etwas manieriert. Trotzdem hoffe ich, dadurch die Anschauung über die Gebirgsbildung unseres Gebietes gehoben zu haben.

[2]) S. Simon: Alpine Plaudereien eines Kartographen. Zeitschr. d. D. u. Ö. A.-V., 1893, S. 388.

Da sich der Maßstab 1 : 5000 für eine Karrenkarte noch nicht eignet, die großen charakteristischen Formenunterschiede vollständig wiederzugeben, so schlage ich eine solche im Maßstab 1 : 2500 vor. Ob es sich bei einer solchen Aufnahme um das Gottesackerplateau oder um ein anderes Karrenterrain handelt, ist ganz gleich. Das Gottesackerplattert würde ich aus den im Vorwort dargelegten Gründen empfehlen. Die Karte würde die Höhe von 90 *cm* nicht überschreiten. Außer dieser Karte schwebt mir noch eine Vierblattkarte vor im Maßstab 1 : 250, die nur ein Gebiet von 400 *m* Breite und 500—600 *m* Länge umfassen soll. Man könnte sie als Registrier- oder Revisionskarte bezeichnen. Auf ihr sollten weder Licht noch Schatten dargestellt werden, wohl aber die Höhenkurven in der Aequidistanz von 1 *m*, dann die Anzahl der Risse und Furchen, soweit angänglich, auch die Weite derselben. Es müßte die Karte eine Art direkter Horizontalprojektion der Karrenspalten sein. Wenn es sich hierbei um ein Stück der Ifenplatte handelte, könnte diese Karte alljährlich bequem nachgemessen und photographiert werden. Ich bin sicher, daß die Sektion Immenstadt, der das Gottesackerplateau naheliegt, ganz gern die jährliche Revision mit übernehmen würde.

Was wollen aber diese Karten, besonders die im Maßstab 1 : 2500? — Die vollständige kartographische Lösung des Karrenproblems, den Nachweis der Möglichkeit der kartographischen Darstellung der bizarrsten Felsoberfläche. Wertvolle Beiträge würden dadurch für die physikalische Geographie des Gebirges geliefert. Nicht allein die Bruchstellen, Erosionsformen könnten mit größter Genauigkeit nachgewiesen und nachgemessen werden, sondern gewiß auch im Verlaufe längerer Zeiträume die Veränderungen, die durch Gebirgsdruck und Erosion hervorgerufen werden. Ebenso wichtig würde diese Karte für die Beobachtungen des Erweiterns und des Zurückgehens der Pflanzendecke sein. Auch für meteorologische und hydrographische Zwecke würde aus ihr Gewinn entspringen.

Ein solches Kartenwerk geht allerdings über die Kräfte eines Einzelnen. Mit dem Topographen und Kartographen muß sich der Geograph, der Geolog, der Biolog und Meteorolog vereinigen. Eine hohe, eine ideale Aufgabe bezeichnet dies Unternehmen. Seine Realisierung hängt nur ab von einer planvollen Arbeitsteilung, vom guten und festen Willen und Geschick derjenigen, die sich zu dieser Arbeit verpflichten, und vor allem von — großen pekuniären Opfern. Gewiß, das Ganze ist eine Riesenarbeit, aber unmöglich ist sie nicht. — Wenn vorliegende Arbeit und Karte nur ein wenig zur Anregung dieses großen und schönen Unternehmens beitragen könnten, würde ich mich reichlich belohnt fühlen.

V. Teil.

Entstehung der Karren auf dem Gottesackerplateau.

Je mehr der Schleier der Naturgeheimnisse vor unserem Auge gelichtet wird, desto mehr kommen wir zu der Erkenntnis, daß sich die Gesetze ihrer Ursachen und Wirkungen ganz vorzüglich durch Einfachheit und Einheit auszeichnen, wenn auch ihr Zusammenwirken den Charakter des Komplizierten stets behalten wird. Die Gesetze geben den erforschten Naturgeheimnissen erst eine wirkliche Größe, die völlig außer dem Bereiche der Willenskraft des Menschen liegen. So sind wir bei der Erklärung des Karrenphänomens der Möglichkeit eines experimentellen Beweises beraubt. Es wäre vergebliche Mühe, im Laboratorium die Karrenbildung zur rechten Anschauung zu bringen, d. h. diejenige chemische Wirkung, wie sie zum Teil bei einer Schrattenentstehung vorauszusetzen ist. Ebenso läßt sich durch das Experiment kein Einblick in die mechanische Wirkung bei der Karrenbildung gewinnen, höchstens für gewisse Spaltenbildungen; denn es liegt eben außerhalb der Grenzen menschlicher Möglichkeit, die Naturkräfte in der vollkommenen Intensität und Kombination, wie sie auf der Erde tätig sind, darzustellen. Mit dieser Schwierigkeit paart sich die, daß dem Zeitfaktor nicht in der kleinsten Weise, ganz besonders bei unserem Karrenphänomen, Genüge getan werden kann. Auf das experimentelle Verfahren, die Wirkungen der geodynamischen Kräfte anschaulich darzustellen, muß ein Beobachter des Karrenphänomens vorderhand verzichten; seine schwierige Aufgabe besteht darin, andere minder beweiskräftige Wege zu suchen, die zur Anschaulichkeit der Vorgänge bei der Karrenbildung führen.

Auf induktivem Wege schreiten wir vor, wenn wir aus der genau beobachteten Wirkung, die sich in den Karrenformen ausspricht, das Wesen der Kraft erschließen. Dazu gesellt sich, ganz dem Wesen der vergleichenden geographischen Methode entsprechend, die Verknüpfung der örtlichen Vorkommnisse.

Die typischsten Karrenformen liegen in einer Höhenregion von 1500 bis 2400 *m*, und in dieser Zone scheint wiederum der Gürtel von 1700 bis 2200 *m* am ausgezeichnetsten zu sein. Meine Beobachtungen ergeben, daß sich bei den in unserer Zeit herrschenden klimatischen Verhältnissen die größte und beste Karrenentwicklung in der Zone zeigt, die man als die Region des erbittertsten Kampfes sämtlicher Verwitterungskräfte auf der Erdoberfläche bezeichnen kann. Ihr gewaltiges Gegenbild findet diese Zone nur in der Region des Meeresgestades, wo alle Erosionen gleichsam in dem Rahmen eines schmäleren Bandes — insofern wir die Küste nicht mit einer Linie, sondern den Beobachtungstatsachen entsprechend mit einem Band oder Streifen vergleichen — zu intensiverer Wirkung gezwungen sind. Zwischen beiden Regionen nimmt der Kampf ein gemäßigteres Tempo an, noch viel mehr mit beschränkter und sehr verteilter Macht in der Richtung nach den Gebieten, die über die Grenzen hinausragen, mithin in den Regionen unter dem Meeresspiegel und über der Firngrenze.

Die charakteristische orographische Zone, die wir für die Karrenentstehung als die geeignetste hinstellen, ist demnach die, wo die größten Nieder-

schläge stattfinden, namentlich die periodischen Regenfälle, wo die Winde und Stürme am meisten ihr Unwesen treiben, wo oft die größten Temperaturkontraste herrschen, wo für eine perennierende Existenz der Schnee mit wechselndem Glücke kämpft, wo die Pflanzenwelt für den letzten Boden ihres Daseins, für die letzten Bedingungen ihres Gedeihens ringt. Es erhellt hieraus, daß es im ganzen Großen die Zone ist, in die hinein wir die zackige Firn- oder Schneegrenze zeichnen. Der Charakter dieser Zone ergibt zur Evidenz, daß man bei der Karrenbildung, wenn man nicht auf Einseitigkeit und Lückenhaftigkeit hinauslaufen will, nicht bloß einen Faktor anzunehmen hat, sondern alle möglichen Verwitterungseinflüsse. Das sind die Ergebnisse und Hinweise, zu denen die mehr allgemeinere Betrachtung der örtlichen Vorkommnisse des Karrenphänomens hinführt. Ihre genauere Prüfung kann jedoch erst stattfinden, nachdem wir uns über die inneren, die geologischen Verhältnisse eines Karrenterrains Klarheit verschafft haben.

Ein Blick auf die Karte des Gottesackerplateaus erweist sofort die Eigentümlichkeit des felsigen Terrains gegenüber der anderer Gebirgskarten. Zuerst fallen die Spalten und Täler auf, die eine nordwestliche (westnordwestliche) Richtung verfolgen. Eine gewisse Parallelität der Furchen herrscht vor, die wiederum am stärksten in der Richtung nach Nordwest auftritt. Diese Furchen dominieren. Wir haben sie in ihrem Äußern im orographischen Teil unserer Abhandlung kennen gelernt, daselbst auch den geologischen Aufbau der Gebirgsgruppe des Ifen. Wir haben dort das mächtige Tonnengewölbe beschrieben, wie es sich zwischen Hohem Ifen und Oberen Gottesackerwänden ausspannt, haben darauf aufmerksam gemacht, wie sich diese Gewölbestruktur nicht allein auf dem Gottesackerplateau selbst unzähligemal wiederholt, sondern auch in jeder Gegend des Allgäu, wo der Schrattenkalk ansteht.

Wie mag diese parallele Furchung entstanden sein? Gletscherwirkung, oder besser, das seltene Beispiel einer über weite Flächen ausgebreiteten diffusen Erosion dabei anzunehmen, ist ausgeschlossen; denn nie hat man auf ebenen Gletscherböden eine so ausgesprochene, so ausgedehnte Parallelität von Erosionsrinnen angetroffen. Chemische und mechanische Erosion des Regen- und Schneewassers wirken auch nicht nach einer und derselben Richtung. Was ist da naheliegender, als geologischen und zwar tektonischen Ursachen nachzuforschen? In ihnen finden wir den Schlüssel zu der Erklärung der typischen Karrenfeldbildung.[1])

Der Schrattenkalk ist ein außerordentlich harter, spröder, dabei reiner Kalk. In weit ausgedehnten Schichten (bank- und plattenförmig) ist er abgelagert, ein gewaltiges Riff bildend, das sich aus der Schweiz durch Vorarlberg bis tief nach Bayern hinzieht. Im Laufe langer geologischer Zeiträume ist der pelagisch entstandene Schrattenkalk kontinental geworden und von allem Anfang an den verschiedensten Druckwirkungen der sich zusammenziehenden Erde ausgesetzt gewesen. Darum diese auffällige Verschiedenheit seiner strukturellen Verhältnisse, darum diese unzähligen Spalten, sichtbare, wie unsichtbare.

Die größte Bedeutung auf den cretacëischen Komplex der Ifengruppe übte ein von Süden einwirkender Druck aus, der diese Schichtengebilde gewölbartig zusammenschob, wobei sie in ihrem nördlichen Verbreitungsgebiete gleichzeitig durch

---

[1]) Eine kurze, zusammengedrängte Übersicht der Resultate der Untersuchungen über Karrenfelder in den deutschen Alpen gab ich in Dr. A. Petermanns Geographischen Mitteilungen, 1898, S. 69, 70, eine längere über die des Gottesackerplateaus in der Zeitschr. des D. u. Ö. A.-V. 1900, S. 52—61.

Parellelspalten zerklüftet wurden und auf diesen gewaltige Verschiebungen und Überkippungen erlitten. Diese Dislokationen finden ihren großartigsten Ausdruck durch die Steilabstürze des Hohen Ifen, der Oberen und Unteren Gottesackerwände, des Gatterkopfes, der Kackenköpfe und des Engenkopfes, die in ihrem Verlauf demjenigen der Bruchspalten entsprechen. Durch die mit ihnen verknüpften Überkippungen und Überschiebungen erweisen sich die dem soliden Schrattenkalk unterliegenden weicheren Schichten des Neocom mehrfach zwischen die hangenden spröden Komplexe injiziert oder im Verein mit ihrem direkten Hangenden auf größere Erstreckung über jüngere Komplexe hinweggeschoben; — Verhältnisse, die sich bei der verschiedengradigen Widerstandsfähigkeit der genannten Gesteine topographisch in auffälligster Weise widerzuspiegeln pflegen. Ein ausgezeichnetes Beispiel hierfür bieten die verwickelten Lagerungsverhältnisse am Joche Windeck (mit Torkopf und Toreck zwischen den Oberen und Unteren Gottesackerwänden), in die das Gümbelsche Profil (Fig. 44) einen Einblick gewährt. Ähnliches wiederholt sich noch an anderen dortigen Dislokationen, so an der Älpele-, Bestlesgund- und Keßleralpe. Gümbel illustriert diese Krümmungen und Wölbungen durch kleine Profile in seiner geognostischen Beschreibung des bayerischen Alpengebirges. Das geologische Verhältnis der Ifengruppe charakterisiert er selbst mit diesen Worten: »Grünsandstein, Seewenkalk und Inoceramenmergel begleiten hier in regelmäßiger, wenn auch öfters umgestürzter Lagerung den Schrattenkalk und die oberen Unterkreidegebilde und legen sich ebensowohl im Schwarzwassertale mantelförmig um das Gewölbe des Hohen Ifen, wie über Höfleralpe, Gattertobel und Gatterschwangertal, zum Sibratsgefäller Achtale umbiegend, muldenförmig zwischen den kleineren Gewölben im Mahdalpentale und unter den Gottesackerwänden an. Drei- und vierfach ziehen sich die weißen Kalkwände des Schrattenkalkes auf dem Gehänge gegen Gatterschwangalpe und Sibratsgefäll hin, als seien es ebensoviele verschiedene, übereinander gelagerte Schichten der hier herrschenden Kreidegebilde. Und doch ist es nur ein und dieselbe Kalkbank, die in öfterem Aufbruche staffelförmig hervortritt.«[1])

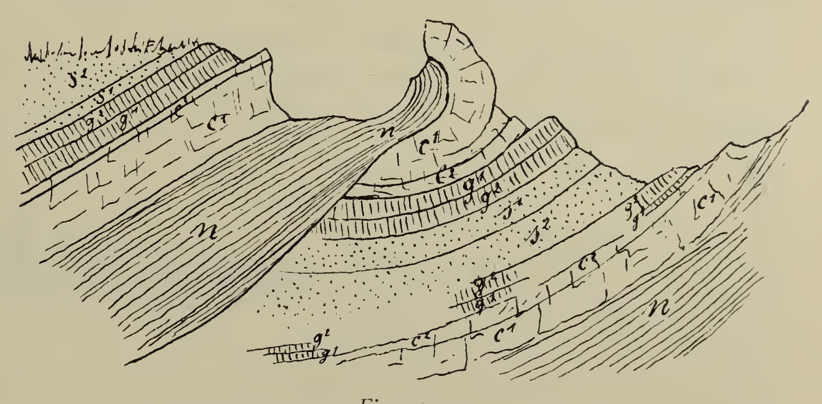


Fig. 44.
c^1 Caprotinenkalk; c^2 Orbitulinenkalk; g^1 Galtriffsandstein; g^2 Galtgrünsandstein; s^1 Seewenkalk; s^2 Seewenmergel; n Neocomschichten.

Während sich somit die bedeutsamsten Dislokationen innerhalb des Ifengebietes auf dessen nördliche Zone konzentrieren, haben sich die Einwirkungen des Gebirgsschubes auf das Gottesackerplateau, das das speziellere Gebiet unserer Betrachtungen ist, wesentlich nur in Form einer flachen Aufwölbung offenbart, so daß das gesamte Plateau fast durchgängig aus Schrattenkalk besteht, in dem sich jedoch eine Menge kleinerer Faltungen, Knickungen und Verwerfungen abgespielt haben. Dieselben

---

[1]) Gümbel: Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha 1861, S. 541.

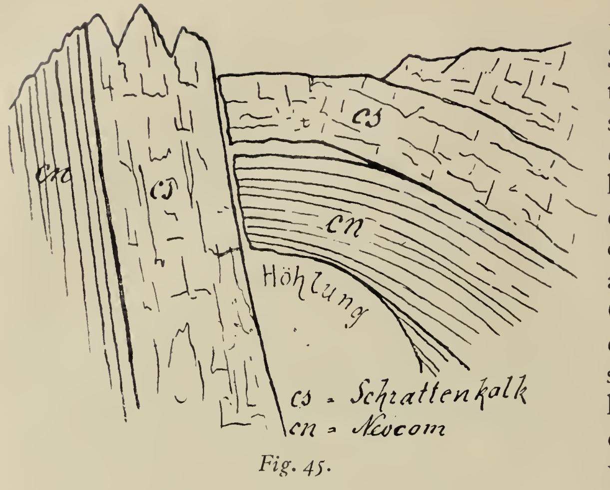


Fig. 45.

verlaufen zwar auch zumeist im Sinne der allgemeinen Hauptspaltungsrichtung, haben aber nur lokal so derartige Dimensionen erreicht, daß die weicheren Schichten des liegenden Neocoms durch die Decke des Schrattenkalkes hindurchgequetscht worden sind. So beobachtete ich im Westen von der Gottesackeralpe eine Bruchspalte, deren Schichten in dem durch beistehende Skizze (Fig. 45) veranschaulichten Verbandsverhältnisse zu einander stehen. Die Erscheinung vollkommen vertikaler Stellung von Schrattenkalkplatten ist auf dem Gottesackerplateau wiederholt zu beobachten.

Große Stücke Karrenflächen sind hin und wieder zwischen zwei Rißsystemen eingesunken. Rechts und links sind die Abrutschflächen als Wände der so gebildeten Talrinne stehen geblieben (B. 15, 16, Taf. VIII). Als wüste Trümmerhaufen bedeckt dann der zerborstene und zerstückelte Karrenkalk den Boden der Einbruchspalte. Hier haben wir deutliche Beweise für Einbrüche. Das ist zuletzt auch der Natur eines Karrenfeldes entsprechend, denn das Innere eines Karrenbergs kann man sich nur als ein System von mannigfachsten Hohlräumen denken (vergl. S. 18). Auf innere tektonische Vorgänge weisen auch die vielfach beobachteten und wahrgenommenen kleineren Erdbeben unseres Gebietes hin; sie sind im Walsertal öfters bemerkt worden; von großen Erdbeben berichten glaubwürdige Chronisten[1]) vom Jahre 1752 und 1771; das erstere fand am 21. Januar statt, das andere wurde drei Tage lang jeden Morgen im ganzen Mittelbergertale wahrgenommen.

Die parallele Furchung von Ostsüdost nach Westnordwest ist durch den von Süden nach Norden wirkenden Gebirgsdruck leicht erklärbar; wie aber die Spalten, die unter rechtem Winkel oder einem Winkel von 30—40° die Hauptfurchen durchqueren, durchkreuzen und durchschneiden, die hin und wieder die Größe und Tiefe der Hauptfurchen erreichen und die wiederum unter sich parallel verlaufen? Da hat sich offenbar zu dem von Süden nach Norden wirkenden Gebirgsdruck eine **Torsionsbewegung** gesellt.

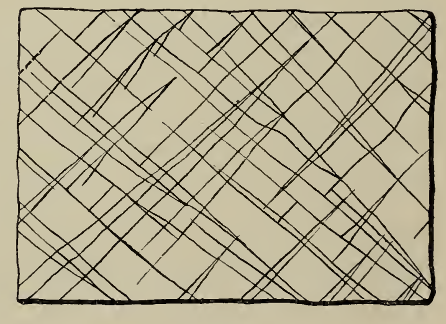


Fig. 46.

Daß Torsionen bei geologischen Druckwirkungen vorkommen, weiß man und hat sie vielerorts nachgewiesen. Wir geben in nebenstehender Figur 46 das typische Bild einer der Kompression und Torsion ausgesetzten Porzellanplatte wieder.[2]) Der Vergleich dieser Figur mit unserer Karte spricht für sich. Von der Ifenplatte bis zur Gottesackeralpe lassen sich analoge Torsionserscheinungen konstatieren,

[1]) Vergl. Der Mittelberg; von Pfarrer Fink und Dr. H. v. Klenze, S. 14.

[2]) Vergl. Pl. XII in Chaix: La Topographie du Désert de Platé. Genf 1895. Diaclases obtenues par MM. L. Duparc und A. Le Royer en soumettant à une torsion des plaques de verre et une brique.

am besten selbst auf der Ifenplatte. Mit unseren Ausführungen und unserer Karte vergleiche man besonders Bild 12, Taf. VI. Im Osten und Westen des Gottesackerplateaus verlieren sich die Torsionserscheinungen, wie sie auch in den anderen kleinen Karrengebieten der Ifengruppe kaum wahrnehmbar sind, höchstens noch im Mahdertale.

Neben den großen Spalten sind die kleinen Spalten für ein Karrenfeld charakteristisch, die einmal auf die Inhomogenität des Kalksteins hinweisen, dann auf die ungleichmäßige Erwärmung des Gesteins und auf die Erosion durch Atmosphärilien und organische Substanzen. Vorwiegend ist die mechanische Kraft des Wassers in seinen verschiedenen Aggregatzuständen tätig; die Wechselwirkung des Gefrierens und Wiederauftauens ist eine so immense, daß nur wenige Jahrzehnte dazu gehören, um fußbreite Spalten zuwege zu bringen. Durch solche Wirkungen entstandene oder modellierte Karrenblöcke zeigen Bild 17, Taf. IX; Bild 22, Taf. XI. Das Abspringen vieler Karrensteine von ihrem Untergrunde ist darauf zurückzuführen, wie überhaupt die Auflösung, d. h. hier die Zertrümmerung des Kalkfelsens in Blockmassen, in Blockmeere. Ein vorzügliches Beobachtungsfeld dieser Erscheinungen ist die langgestreckte Gipfelplatte des Hohen Ifen; vergl. auch Bild 5, Taf. III, Bild 8, Taf. IV, Bild 10, Taf. V u. a. m. Auf den hier spezifisch wirkenden Ursachen, zum Teil verbunden mit dem Entgegenkommen alter Schichtflächen beruhen die Formen der Polster, Säcke, Kissen und Wulste; Bild 5, Taf. III; Bild 13, Taf. VII; Bild 18, Taf. IX; Bild 22, Taf. XI; Bild 26, Taf. XIII; Bild 31, Taf. XV.

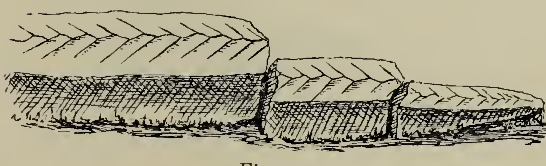


Fig. 47.

Infolge dieser Spaltungsfähigkeit ist es möglich, große Gesteinstücke mit geringer Anstrengung loszubrechen. Unter günstigen Umständen kann man selber Zeuge des Abspringens von Felsstücken sein, besonders in der Zeit, wenn die Sonne morgens das Gestein wieder zu erwärmen beginnt, das nachts vorher Frostwirkungen ausgesetzt war. Man hört dann auch das mit dem Absprengen verbundene Geräusch, das »Krachen des Gesteins«. Wie die Absprengung manchmal vor sich gehen kann, zeigen die Absprengungsstücke eines breiten Karren aus der Mitte des Gottesackerplateaus. Die Fig. 47 ist seitlich von oben gesehen zu denken. Jedes Absprengungsstück erreicht die Länge von 80 *cm*.

Mit dieser Spaltung berührt sich eng die Zusammensetzung des Kalksteins, d. h. seine Inhomogenität und seine chemische Zusammensetzung. In der chemischen Zusammensetzung erblicke ich mit einen der ersten grundangebenden Faktoren der Karrenbildung. Ich teile eine Anzahl quantitativer Analysen von karrenbildenden Kalksteinen mit.

	I. Karren vom Steinernen Meere	II. Karren vom Treffauer Kaiser	III. Karren vom Gottesackerplateau (aus Firnschnee herausgegraben)	IV. Karren aus der Nähe des Fundortes d. tiefsten Karrenrinnen auf dem Hinterkaiser
SiO_2	0,24	0,17	0,82	0,41
CO_2	43,89	43,87	43,30	43,78
CaO	55,15	55,43	54,90	55,32
FeO	0,19	0,20	0,25	0,12
MgO	0,45	0,41	0,70	0,40
Organische Substanz	Spuren bemerkbar	deutlich	deutlich	

	V. Karrenfirst unterhalb der Naunspitze, 1574 *m*	VI. Karren vom Gipfel des Hohen Ifen	VII. Karren vom Steinernen Meere (nördlich v. Riemann-Haus):
SiO_2	0,34	1,24	0,10
CO_2	43,90	43,37	43,95
CaO	55,77	54,30	54,98
FeO	0,15	0,47	Spuren
MgO	Spuren	0,40	0,73
Organische Substanz		sehr deutlich	

Als erster Satz resultiert aus den Analysen: Der typische schratten- oder karrenbildende Kalkstein ist ein reiner Kalkstein. Weiterhin ergibt der Vergleich sämtlicher Analysen, daß in meinem Beobachtungsgebiet echte typische Karren nicht in Dolomit aufsitzen, daß der schrattenbildende Kalkstein vielmehr aus dem fast reinen Calciumcarbonat ($CaCO_3$) besteht, dem durchschnittlich noch nicht 1% Magnesiumcarbonat ($MgCO_3$) beigemengt ist, abgesehen von den üblichen geringen Verunreinigungen durch Kieselsäure, Eisenoxydul oder -Oxyd, bezüglich Aluminiumoxyd. Der bei wiederholten Bestimmungen übereinstimmend gleich hoch gefundene Kieselsäuregehalt der Karren III und VI läßt im Hinblick auf die Gesamtanalyse vermuten, daß die Kieselsäure zum Teil an Stelle der Kohlensäure in den betreffenden Gesteinen vorhanden ist. Betont sei noch, daß bei der II., III. und VI. Analyse bei der Behandlung mit Säuren der betreffenden gepulverten und gebeutelten Mineralien sich ein intensiv empyreumatischer Geruch bemerkbar machte.

Die mikroskopische Untersuchung einer Reihe von Dünnschliffen der wichtigsten karrenbildenden Kalksteine ergab folgendes:

Schrattenkalk der Ifenplatte: Ein sehr reiner Kalkstein, stellt ein grob zuckerkörniges Aggregat von unregelmäßig begrenzten Kalkspatindividuen dar, zwischen denen zahlreiche aus fast submikroskopisch kleinen Kalkspatkörnchen zusammengesetzte organische Reste, meist Foraminiferenschälchen, liegen.

Kalkstein (Schrattenkalk) von der Mitte des Ifenplateaus: Schmutzig dunkelgrau gefärbter kristalliner, körniger Kalkstein, mit zahlreichen Organismenresten, unter denen Foraminiferen dominieren.

Kalkstein von der Gottesackeralpe: Feinzuckerkörnig kristalliner Kalkstein mit zahlreichen kohlschwarzen, lichtundurchlässigen, zu rundlichen Flecken und unregelmäßig ringförmigen Figuren konzentrierten Partikelchen, spärlichen Foraminiferenresten und ziemlich reichlichem, grünem Glaukonit, sowie vereinzelten Quarzkörnchen.

Schrattenkalk vom Mahdertale: Fein kristalliner, grau bis bräunlichgrau gefärbter unreiner Kalkstein mit außerordentlich vielen, fast ausschließlich aus Foraminiferenschälchen bestehenden Organismenresten.

Kalkstein aus dem Rinnbette der Starzelach: Dichter Kalkstein mit überaus zahlreichen Foraminiferenschälchen (Globigerina).

Zu der chemischen Zusammensetzung gesellt sich als grundangebender Faktor der Karrenentstehung die Inhomogenität des Kalksteins. Bis jetzt hat man noch keine größere Gesteinsmasse gefunden, die durch und durch homogen sei. Sieht man im Kalkstein von Versteinerungen ab, so wechseln doch in demselben Gestein härtere und weichere Schichten und wolkig begrenzte Partien. Die weicheren, d. h. die poröseren und mehr lockeren Partien werden von den Verwitterungseinflüssen

schneller angegriffen als die härteren.[1]) Eine ursprüngliche ebene Fläche wird sich daher bei genügend langer Zeit des Einwirkens der Atmosphärilien in eine unebene umwandeln. Jetzt ist der Anfang zu weiterer Vertiefung gegeben; denn von den erhöhten Punkten eilt das Wasser nach der Tiefe, wobei es seine Kraft, seine Auflösungstätigkeit nach der Tiefe zu konzentriert. Hier in der Tiefe befinden sich vielleicht wieder lockere Bestandteile, die wiederum schneller fortgeführt werden, und die nicht seltene Erscheinung tritt ein, daß die Karrenrinnen an ihren Böden kommunizieren.

Der Erfolg dieser eben geschilderten Tätigkeit des Wassers, den Kalkstein zunächst oberflächlich nach seiner Inhomogenität ungleichmäßig aufzulösen und hierdurch eine überaus wechselvoll gestaltete Oberfläche auf dem Gestein zu erzeugen, soll durch die Figuren 48 und 49 veranschaulicht werden. Fig. 48 zeigt die vergrößerte Wiedergabe (zweifache Vergrößerung) eines Teiles der rauhen Oberfläche des auf Taf. XX rechts dargestellten Karrenstückes und Fig. 49 diejenige (etwa achtfache Vergrößerung) des auf derselben Tafel abgebildeten linken Karrenstückes. Die hier dargestellten Karren zeigen also einerseits grubig-narbige, wabenähnliche Vertiefungen, andererseits feine, scharfkantige und engmaschig unter sich verbundene Grate, gleichsam eine Karrenbildung im Kleinen. Die Zerfressung kann von einer derartigen Intensität



Fig. 48.

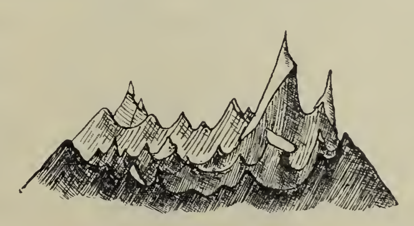


Fig. 49.

sein, daß im hohen Grade breccienähnliche Kalksteinfragmente entstehen. Man beachte die Spitzen in Fig. 49. Sie sind aus anderem Material gebildet oder haben eine andere Zusammensetzung als der benachbarte Kalkstein. Im vorliegenden Fall ist es zumeist Kalkspat, vielfach sind es auch Quarzkörnchen, oft kaum dem unbewaffneten Auge bemerkbar, die sich den Verwitterungseinflüssen gegenüber besonders resistent erweisen. Ist die widerstandsfähigere Spitze oder Umrandung (wie in Fig. 48) endlich abgewittert, so geht der Verwitterungsprozeß viel rascher vor sich und kann in der Regel nicht mehr solche scharfe Spitzen, Ecken und Kanten aus dem Gestein herausmodeln. Was die Erosionsmächte uns in den Erdpyramiden im Lapidarstil beschreiben, das zeigen sie hier en miniature.

Die Inhomogenität des Kalksteins wird von vielen Karrenerklärern als einzige grundangebende Bedingung für die Karrenentstehung auf chemischem Wege verantwortlich gemacht. Sie gibt indessen keine genügende Erklärung für ihre zu Grunde liegende Spaltenbildung. In den Grenzregionen des oberen Gottesackerplattert kann man hie und da bobachten, daß sich Spalten aus reinem Kalkstein in mergeligen, in unreinen direkt fortsetzen, fernerhin, daß unreine Zwischenschichten, ganz gleich, ob in vertikaler oder horizontaler Lage, der allgemeinen Zerspaltung unterworfen sind und selbst ganz gut entwickelte Karrenformen erkennen lassen, die aber zerbrechlicher und rauher als die des benachbarten reinen Kalksteins sind. Wegen der Gesteinsbeschaffenheit bilden sich eben Karrenformen von weniger charakteristischem Habitus aus.

[1]) Tschudi bringt in seinem »Tierleben der Alpenwelt« das ganz treffliche Bild: Die weicheren Muskeln des Bergskeletts werden vom Wasser zuerst angegriffen und entführt.

Gewiß sind die weicheren Bestandteile des Kalksteins für manche Risse und Spalten von Bedeutung, für die allgemeine Physiognomie des Karrenfeldes sind sie nicht tonangebend. Die gegenseitige Lage von weicherem und härterem Kalkstein scheint mir nicht so zu sein, als wenn eine ausgedehnte regelmäßige, bald gesetzmäßige Wechsellage — wie sie dann bei der gesamten Karrenfeldbildung unbedingt vorausgesetzt werden müßte — bestehe, sondern vielmehr so, als ob die weichere Masse bald knollen-, bald klumpen- und schlierenförmig, seltener in großer Tafelform zwischen den härteren lagere. Diese weicheren, unregelmäßig verteilten Schlieren, die auch an die Schichtung des Gesteins gebunden sind und oft große Dimensionen erlangen, setzen sich aus tonigen mergeligen Bestandteilen zusammen, die leichter als der reine Kalkstein der Verwitterung anheimfallen. Ein anderes Verhältnis hat statt, wenn Partien des reinen Kalksteins dadurch schwerer löslich sind, daß der Kalk eine feste, dichte Textur besitzt, daß das schwarze Pigment vorwaltet, oder daß der Glimmer widerstandsfähigere Lagen hervorbrachte. Sie hängen ebenfalls mit der Schichtung des Kalksteins zusammen, bilden aber bald ebene, parallele Lagen oder bald schlieren- und schmitzenförmige, oft vielfach gewundene Massen von verschiedener Größe. In diesem Falle wird die reine Kalkmasse eher weggeführt als die widerstandsfähigere Partie. Beide charakterisierten Verhältnisse resultieren mit gleichem Effekt: karrige Bildung mit scheinbar launischer Gestaltung, die jedoch kausal mit der Struktur des Kalksteingebirges zusammenhängt.



Fig. 50. Dünnschliffbild zu dem auf Taf. XIX, Bild 38, abgebildeten Karrenstein vom Kaisergebirge. Vergrößerung 70.
Dichter Kalkstein *(A)* von einem gröberkristallinen Kalkspatäderchen *(B)* durchtrümert.

Von hervorragender Bedeutung ist es, daß sich auf dem Wege der mikroskopisch-petrographischen Untersuchung einer Reihe karrenbildender Kalkgesteine eine Entstehungsursache der Karren direkt erkennen ließ. Zur Untersuchung wurde unter anderen der auf Taf. XIX, Bild 38, abgebildete Karrenstein vom Kaisergebirge, gefunden in der Nähe des Stripsenkopfes, verwendet, der in hohem Maße auffallende gradlinige, maschenartig verteilte und wie mit scharfem Messer tief eingeschnittene Furchen zeigt. In den Präparaten dieses dichten, aus winzigen Kalkspatpartikelchen zusammengesetzten Kalksteines erkennt man nun, wie das in Fig. 50 dargestellte Dünnschliffbild zeigt, daß derselbe genau in der Richtung der oberflächlich zu sehenden Furchen von haarfeinen Kalkspattrümchen durchsetzt wird, deren Entstehung an durch Druckwirkung erzeugte haarfeine Klüfte gebunden ist. Ihre sekundäre Entstehung wird auch dadurch bewiesen, daß sie immer gänzlich frei von organischen Resten sind, während der benachbarte Kalk sehr häufig, so z. B. im Schrattenkalk vom Mahdertale, von dicht gedrängten Organismenfragmenten erfüllt ist. Die Kalkspattrümchen bestehen im schroffen Gegensatz zu der dichten Kalksteinmasse aus wohl individualisierten, zwillingsgestreiften Kalkspatkristallen und -körnern und repräsentieren dem dichten Kalkstein gegenüber gewissermaßen einen grobkristallinen Kalk. Derselbe verhält sich aber manchmal gegen die Verwitterung weit weniger widerstandsfähig als der dichte Kalkstein, und so werden bei seiner Auflösung zunächst mikroskopisch feine Rillen erzeugt, die sich dann zu den beschriebenen Furchen vertiefen.

Sind bei dem eben besprochenen Karrenstein die Kalkspatäderchen nur mikroskopisch wahrnehmbar — als Breiten wurden solche von 0,01 bis 0,05 *mm* gemessen —, so lassen sich auf dem Karrenstein vom Hohen Ifen (Bild 39, Taf. XIX) winzige Kalkspatäderchen äußerlich, mit unbewaffnetem Auge verfolgen. Für sämtliche auf dem Karrenstein vorkommenden Rillen und Spältchen sind sie die Leitungslinien. Interessant ist die Beobachtung, wie manche Kalkspatäderchen nur teilweise angegriffen und zu Rillen verwittert sind, dagegen am Anfang oder am Ende des Spältchens sich resistenter erweisen. Ja, unter Umständen kann man beobachten, daß es gerade die Kalkspattrümer sind, die der Verwitterung größeren Widerstand entgegensetzen als der umgebende mehr oder weniger dichte Kalkstein, und daß sie dann auf diesem als feine Striemen reliefartig, allerdings kaum bis zu einer Erhöhung von 1 *mm*, hervortreten.[1]) Diese Fälle sind selten, dagegen umso häufiger die oben wiedergegebenen Beobachtungen, also die, die uns zeigen, daß die Kalkspattrümer sich gegenüber der Verwitterung weniger widerstandsfähig verhalten als der normale Kalk und dann auf der Oberfläche rinnenartige Vertiefungen bilden, zwischen denen der normale Kalk erhöht und zuweilen wulstartig (Höhe der Wulste von 1/2 *mm* bis 2 *cm*) hervortritt[2]).

Nicht allein an Karrensteinen habe ich die feine Rillenbildung beobachtet, sondern auch an der Oberfläche großer ausgedehnter Kalksteinkomplexe. Die Oberfläche, die von weitem wie eben aussieht, sich aber in der Nähe als aus unendlich vielen, äußerst flachwelligen Ebenen zusammengesetzt bekundet, oder eine ebenso gestaltete Oberfläche, die schon von Humus bedeckt ist und wie mit feinstem Sand bestreut erscheint und sich deshalb etwas rauh anfühlt, zeigen bei genauem Hinsehen feine, kaum millimetertiefe, teilweise recht regellos verlaufende Rillen.

Auf dem Wechsel von einer festeren, dichteren und einer weniger dichten Textur begründet sich auch die Herausbildung der größeren Löcher; ob diese nun Centimetertiefe und Millimeterbreite haben oder Metertiefe und Decimeterbreite, das ist gleich. Löcher auf horizontaler Platte zeigt Bild 12, Taf. VI und Löcher an mehr vertikaler Wand Bild 3, Taf. II. Auf letzteres sei als klassisches Beispiel seiner Art besonders aufmerksam gemacht. Je kleiner die Löcher, je regelmässiger gerundet sind sie; kleine Löcher zeigen oft vollkommen kreisförmigen Querschnitt. Manche Löcher setzen sich in Spalten fort. Auf das schlieren- und knollenartige Einsetzen von weicheren Schichten ist auch die Lochform zurückzuführen, die oben kesselförmig einsetzt und nach unten spitz zuläuft. Die schlanklinsenförmige Gestalt der Schlieren ist ein Ergebnis des Gebirgsdruckes. Dieser spielt bei dem geologischen Habitus des karrenbildenden Kalksteins eine nicht zu unterschätzende Rolle. Mancherlei Momente sind es demnach, wovon der Umfang und die Tiefe der Löcher abhängig sind. Über ihr Wachstum ergeben unsere Beobachtungen folgende Regel: Je größer der Umfang wird, desto mehr wächst die Tiefe und zwar immer rascher als der Umfang.

Sobald sich durch Erosionswirkungen und besonders durch Denudation die Spalten auf dem Boden der Löcher, die eben wieder durch tektonische Vorgänge vorgeschrieben sind und in der Längsachse des meist elliptisch geformten Loches (für ein Loch ist gewöhnlich eine einzige größere Spalte maßgebend) verlaufen, entwickeln und tiefer und tiefer gehen und zuletzt in solche ausmünden, die weit ins Innere

---

[1]) Vergl. auch S. 75.

[2]) In welchen Breiten die Kalkspattrümer in der Ifengruppe auftreten können, zeigt die Abbildung des abgeschlagenen Kalksteinstückes vom Hohen Ifen (Taf. XVII, Bild 35 rechts); in den mergeligen Kalksteinen, im und am Ifenloch (zwischen Hohem Ifen und Plattert) kommen öfters grobkristalline Aggregate von Kalkspat vor, deren einzelne Individuen Centimetergröße und darüber erreichen.

des Karrenberges eindringen, werden Karrenlöcher zu Karrenröhren. Immerhin sind die Spalten und Klüftchen nicht das Primäre oder gar Alleinige der Loch- und Röhrenentstehung, sondern mehr das Sekundäre; wenigstens sind sie stets im Verein mit der Inhomogenität als Bildungsfaktoren dieser Karrenformen anzusprechen. Für diese meine Argumentationen sprechen vorwiegend auch die ausgelaugten Partien, die sich horizontal in Vertikalwände einbohren, wie es eben auf Bild 3 (Taf. II) deutlich zu erkennen ist. Fig. 51 stellt das Schema einer Röhrenentwicklung dar, wie es sich aus den vergleichenden Beobachtungen verschiedener großer und kleiner Röhren auf verschiedenen Höhenstufen ergibt. Nehmen wir an, das Karrenloch *L* hat sich nach den oben angegebenen Bedingungen entwickelt. *1* bezeichnet die obere Grenze der Humusfüllung, *2* das mittlere Wasserstandsniveau der Röhre, das für diese verhältnismäßig ein hohes — nach starken Regengüssen ist das Loch oft bis zum Rande mit Wasser voll — ist, denn die Spalte, die am Boden des Loches sich befindet, ist so eng oder ganz geschlossen, daß sie keine Abfuhr von Wasser und gelösten Gesteinspartikelchen zu ermöglichen scheint. Das Wachstum nach der Tiefe geht deshalb auch außerordentlich langsam vor sich. Nach langer Zeit endlich erreicht das Loch *L* die Größe von *a*. Diese Röhre *a*, eigentlich eine Zwitterform von Karrenloch und Karrenröhre, gestattet bereits eine Abfuhr von Wasser- und Reibeteilchen nach dem Karrenberginnern *J*, freilich immer noch in beschränktem Maßstabe, denn das Humus- und Moospolster sitzt dicht auf dem Boden auf. Durch die Denudation erweitert sich von jetzt ab die Spalte nach dem Innern *J* immer mehr. Der Entwicklungsprozeß der Röhre wird beschleunigt, es werden die Stadien *b* und *c* erreicht. Auch das mittlere Wasserniveau *a2 b2 c2* sinkt ringförmig immer tiefer und nähert sich mehr und mehr der oberen Grenze der Humusfüllung, bis es fast ganz mit dieser zusammenfällt (*c2*—*c1*) und zuletzt mit ihr bei der größer werdenden Öffnung des Bodens oder des Schlundes, wie man jetzt besser sagen wird, in die Tiefe versinkt. Man beobachtet hin und wieder diese ringartigen Ansätze an den Wänden der Röhren. *c* kann man als letzte Zwitterform von Loch und Röhre bezeichnen. Der Schlund ist endlich so erweitert worden, daß er den Humuspartikelchen keine Auflagerungsstatt mehr bietet, und eine mehr oder minder vollkommene oder fertige Röhre *d* tritt nun dem Beobachter entgegen. Über alle die sonst hierbei noch als bemerkenswert hervorzuhebenden Formen habe ich mich bereits im ersten Teil meiner Abhandlung ausgesprochen.

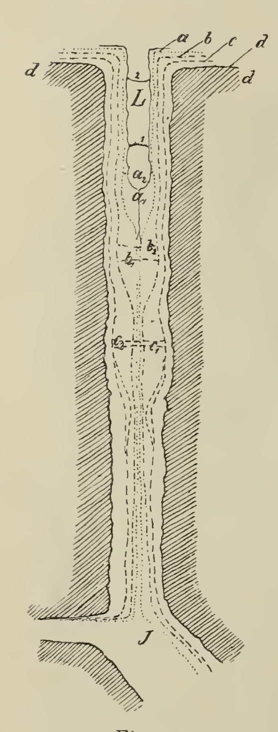


Fig. 51.

Es ist sicher anzunehmen, daß die größeren cylindrischen, sack- oder brunnenartigen Vertiefungen, die manchmal an geologische Orgeln erinnern, ursprünglich auch mit weicherem Kalksteinmaterial, das von dem einwirkenden Wasser aufgelöst wurde, ausgefüllt gewesen sind. Ich vermute, daß die weggeführten Schichten mancher dieser Lochformen nicht allein unreiner, mergeliger, weniger dicht und fest waren, sondern vielleicht auch auf eine Korallenfacies zurückzuführen sind, die säulen- oder cylinderförmige oder bienenkorbähnliche Baue in die Höhe führte, während sich zwischen diesen Bauen Foraminiferenschlamm u. a. m. anhäuften und eine viel feinere, gleichmäßigere und dauerhaftere Substanz bildeten. Letztere hat infolgedessen länger der Verwitterung getrotzt und ist uns noch heute erhalten. Auf diese Vermutung, die gewiß sehr hypo-

thetischer Natur ist, brachte mich die Anhäufung von brunnenartigen Gebilden auf dem Ostteil des Gottesackerplateaus.

Die Karrenbrunnen können hie und da eine gewisse Selbständigkeit gegenüber den tektonischen Vorgängen bewahren, denen das Terrain unterworfen war und ist. So beobachtet man in D VIII und IX der Karte, wie neben einer Verwerfungsspalte Karrenbrunnen wohl noch parallel verlaufen können, aber sonst ganz unabhängig von der Spalte sind; manche dieser Karrenbrunnen kommunizieren mit der Verwerfungsspalte am Boden, wie wir Seite 11 bereits betont haben; vergl. daselbst auch Fig. 8.

Andere Karrenbrunnen und Karrentrichter an der Grenze der Ifenplatte (Karte C, D I; F III—V; G III, IV), vorwiegend solche, in denen Spalten enden, sind nichts anderes als erweiterte Furchen und Klüfte, die entweder schon von ersten Anfängen durch Gebirgsdruck als solche gegeben waren oder mit der Zeit durch den Zusammenfall und durch Abätzung und Auflösung der Karrenplatten gebildet wurden.

Mitunter werden auf wenig geneigten Karrenplatten und -Blöcken rinnenartige Gebilde wahrgenommen, die aber nicht direkt nach der Tiefe verlaufen, sondern einen gewundenen Lauf haben und sich manchmal gabeln, manchmal auch plötzlich mit einer lochartigen Erweiterung aufhören, ohne bis an das Ende der Karrenblockfläche gelangt zu sein. Diese Rinnen beruhen vorwiegend auf der ungleichmäßigen petrographischen Beschaffenheit des Kalksteins; ihre Bildung wird durch fließendes atmosphärisches Wasser wesentlich unterstützt. Zumeist beobachtet man, daß sich diese Rinnen nach ihrem unteren Ende zu immer tiefer ins Gestein eingraben. Auch hierbei hat man daran zu denken, daß die chemische Tätigkeit des Regenwassers mit der Abnahme des Neigungwinkels der Rinnen wächst, denn in horizontalen Rinnen hat das Wasser längeren Aufenthalt als in stark geneigten oder vertikalen.

Nicht vergessen sei, daß sich durch die Inhomogenität des Kalksteins die kleineren Karrenformen auf niederen Terrainstufen erklären lassen; denn die Karren, die ich unter der Isohypse von 600 *m* und über diese bis 900 und 1000 *m* beobachtet habe, sind ganz sporadische Erscheinungen, selten einmal eine Fläche von einem Quadratmeter ausfüllend. Diese Gebilde klammern sich nicht so sehr an klimatische Veränderungen als an die verschiedenen strukturellen Verhältnisse des Gesteins. Übrigens sind sie mehr Anläufer zur Karrenbildung als eigentliche Karren. Karrige und karrenähnliche Gebilde auf mittleren Terrainstufen können unter Umständen auch als Überreste alter gut entwickelter Karren aufgefaßt werden (vergl. S. 98).

Bei unseren geologischen Betrachtungen müssen wir noch einer Erscheinung gedenken, die mit der Inhomogenität des Kalksteins der Karrenfelder zuletzt auch innig zusammenhängt. Auf diese Erscheinung brachte mich zuerst die Färbung der Ifenplatte. Obwohl der andere Karrenkalkstein weißlich grau erscheint, so geht diese Färbung in der Ifenplatte ganz auffällig mehr in Weiß über. In der Ifenplatte, die als das ödeste Gebiet in der gesamten Steinwüste des Gottesackerplateaus erscheint, haben die Kalksubstanzen ein gleichmäßiges, ziemlich grobkörnig kristallines Gepräge, während hingegen die der anderen Gebiete des Gottesackerplattert von vorwiegend feinkörniger Struktur sind und durch gröber kristalline Kalkpartien mannigfache Unterbrechungen erfahren. Von eben dieser lokal grobkörnig kristallinen Struktur ist die interessante Erscheinung abhängig, daß nämlich die Einwirkungsspuren von Organismen und Humus und ebenso der Atmosphärilien hier weniger wahrnehmbar sind als bei dem feinkörnigeren Gestein; denn das gleichmäßig grobe Korn dieses Schrattenkalkes erzeugt weniger zahlreiche und bei weitem nicht so günstige Angriffspunkte für die Atmosphärilien und Lichenen als das vorwiegend dichte Gefüge des Kalksteins der Nachbargebiete, in dem sich fortwährend dem unbewaffneten Auge kaum wahrnehmbare Rißchen und

Grübchen bilden. So ist denn die ganze Art und Weise und die Intensität, mit der sämtliche Verwitterungsmächte auf die verschiedenen Kalksteine einzuwirken vermögen, der Dolmetsch für deren Strukturbeschaffenheit.

Der grundangebende Faktor der Karrenbildung, die Spalten, sind die Gesichtslinien, die die Physiognomik eines Karrenfeldes bedingen. Die Spalten sind die Leitlinien zur Herausbildung des allgemeinen Charakters eines Karrenfeldes, zur Herausbildung der großen Formen. Durch sie werden aber nicht die kleinen typischen Formen geschaffen, die scharfen Grate, die runden Karrenböden, die kleineren Löcher, die sich an den Karrenwänden herabziehenden Rinnen, die gerade ein Karrenterrain neben seiner Wildheit so ungemein interessant in Bezug auf Formengebung erscheinen lassen. Oft sind ja diese Formen als eigentliche Karren bezeichnet worden, sie sind aber erst Formen zweiter Ordnung eines Karrenfeldes. Die hier tätigen Faktoren können nicht in tektonischen Druckwirkungen und auch nicht in der Inhomogenität oder Reinheit des Kalksteins ausschließlich gesucht werden. Noch andere Kräfte haben mitgewirkt, die das Antlitz des Karrenfeldes erst interessant gestalten, die die wunderbaren Detailformen herausmodeln. Ich nenne sie sekundäre Faktoren (Modifikationsfaktoren).

Mehr als die grundangebenden, primären Faktoren der Karrenbildung fesseln gewöhnlich die sekundären. Sie sind geradezu die künstlerischen Hände, die aus dem roh zugehauenen Kalkblock, aus der roh zubereiteten Kalkplatte jene wundersamen und zierlichen Formen bilden, die man mit »Karren« oder »Schratten« zu bezeichnen gewohnt ist. Regen, Nebel, Schnee, Hagel, Eis, Frost, in Verbindung mit Wind und den Wirkungen der Pflanzen und des Humus sind unablässig tätig, die Kalksteine zu bearbeiten; einer oder mehrere Faktoren können manchmal bei der Arbeit mehr zurück- oder hervortreten, je nachdem klimatische und orographische Verhältnisse für ihre Einwirkung sich günstig oder ungünstig gestalten. Einer dieser Faktoren ist nie allein tätig, stets wird er von anderen mehr oder minder unterstützt. Das Zusammenwirken all dieser Kräfte nennen wir **Erosion.** Diese Bezeichnung trennt durchaus nicht die Art ihrer Wirksamkeit in chemische und mechanische; denn manche Faktoren wirken nur chemisch, andere nur mechanisch, während die dritten chemisch und mechanisch wirken können. So gebrauche ich denn den Ausdruck »Erosion« bei meiner Abhandlung im Sinne des vereinigten Einflusses der mechanischen oder einzig aus der Schwere hervorgehenden und der chemischen oder molekularen Wirkung (vgl. S. 38).

Bei unserer Betrachtung müssen wir natürlich jeden Faktor einzeln vor unserem Auge passieren lassen. Einer der wichtigsten unter den Atmosphärilien ist der Regen. Seine Wirksamkeit ist teils eine mechanische, teils eine chemische. — Steter Tropfen höhlt den Stein. Wenige Beobachter wollen bei der Karrenbildung die Tätigkeit des Regens anerkennen. Der Regentropfen, folgend dem Gesetz der Schwere, irrt nach der Tiefe; ein zweiter nimmt denselben Weg, ein dritter und unzählige andere folgen. Die Spalten des Gesteins kommen dem Regen entgegen; gleich mit seinem Niederfall ist der Anstoß zu ihrer Bearbeitung gegeben. Sind die Karrenspalten breit genug, so finden am Rande der flachen Karrenrücken die Regentropfen von oben und von der Seite Angriffspunkte zur Zerstörung der scharfen Kante, und die Kante rundet sich ab; durch die fortgesetzte Wirkung entsteht nach und nach ein schmaler Rücken, der sich endlich bis fast zur Schneide eines Messers zuschärft; die Spanier nennen solche schneidende Kämme in den kubanischen Karrenfeldern kurzweg »cuchillas«, d. i. Messer. Taf. VI, Bild 11 und 12 zeigen den Effekt dieser Wirkung. In der ganz ebenen Lagerung des Schrattenkalkes (Bild 12) hat der Regen nicht die

Kraft wie an den durch tektonischen Druck mehr aufgestauten Karrengraten (Bild 11), infolgedessen ist hier die Karrenmodellierung schon weiter vorgeschritten als auf Bild 12 dargestellt ist. Die mechanische Kraft des Regentropfens richtet sich nun nach seinem Auffallswinkel, nach der Größe des Tropfens und der Schnelligkeit, der Gewalt, mit der er durch den Wind oder den Sturm auf das Gestein geschleudert wird. Während der Regentropfen mechanisch wirkt, verbindet sich zu gleicher Zeit mit dieser Tätigkeit die chemische. In unendlich langen Zeiträumen kann das Wasser ganz bedeutende Gesteinsmassen auf chemischem Wege auflösen, wie Berechnungen von Heim und Fugger zeigen. In der freien Natur ist das Wasser nie chemisch rein; es enthält Kohlensäure, die bekanntlich in ihrer Verbindung mit Wasser die Fähigkeit besitzt, in genügend langen Zeiträumen jedes Gestein und mit verhältnismäßiger Leichtigkeit insbesondere den Kalkstein aufzulösen. Der Kohlensäuregehalt wird der Luft entnommen; man rechnet auf 10000 Volumina Luft 3—5 Volumina Kohlensäuregas. Der Kohlensäuregehalt ist indes sehr variabel, und man hat gefunden, daß derselbe in höheren Luftregionen größer ist als in niederen. Die Brüder Schlagintweit konstatieren 9,5 Volumina Kohlensäuregas in 10000 Volumina Luft in einer Höhe von 11000—20000 Pariser Fuß. Diese Erscheinung ist mit dahin zu erklären, daß in den unteren Luftschichten, also in den Luftschichten niedrigeren Terrains, die Kohlensäure von der die Erde kontinuierlicher bedeckenden Vegetation beständig absorbiert wird. Außerdem muß nun noch hervorgehoben werden, daß die Absorptionsfähigkeit für Kohlensäure bei jeglichem Wasser, das den Karrenfels benetzt, während des Sinkens der Temperatur außerordentlich erhöht wird. Der Bereicherung des atmosphärischen Wassers an Kohlensäure durch die verwesenden Pflanzenstoffe der Bodenkrume soll später gedacht werden. Ohne Zweifel aber ist die oben geschilderte Zuschärfung der Karrengrate zu einem sehr großen Teil der mechanischen und chemischen Erosion des Regentropfens zuzuschreiben.

Regen und Nebel sind in dem Hohen Ifengebiet nichts seltenes; im Juli 1894 konnte ich auf jeden dritten Tag einen Regentag rechnen. Besonders wenn der Wind aus dem Wetterloch, der Gegend vom Bodensee, herkommt, geht das Regenwetter wochenlang Tag für Tag fort. Leider fehlen genaue meteorologische Beobachtungen eines derartigen Hochalpengebietes, wiewohl es hier nicht schwer wäre, eine meteorologische Station einzurichten.

Der Nebel ist insofern mitbildend, als er die Karrengebilde mit Feuchtigkeit umgibt, die eingesogen wird und Kohlensäure enthält. Doch ist er wohl der Faktor, der am schwächsten wirkt. An und für sich ist aber der Nebel der unangenehmste Geselle, der einen auf einem Karrenterrain überraschen kann.

Stärker wirkende Faktoren bei der Karrenbildung als der Nebel sind Tau und Reif. Tau- und Reifbildung sind in unseren Kalkgebirgen keine seltene Erscheinung. Ihre Häufigkeit und Intensität werden durch die kalten Flächen des Schnees und des Firnes auf den Karrenfeldern vermehrt. Wie allgemein bekannt vorauszusetzen ist, wird der Reif, wie der Tau zunächst durch die Abnahme der Wärme in der untersten Bodenschicht erzeugt. Man beobachtet, wie die Temperatur am Tage höher, bei Nacht niedriger als in freier Luft ist, oder mit anderen Worten gesagt, daß die Temperaturamplitude am Tage größer als in der Nacht ist. Im Hochgebirge ist geringe und einfachste Reifbildung am besten in den Sommer- und Herbstnächten zu beobachten, wenn die Temperatur sich nach dem Gefrierpunkt zu bewegt, so daß man am Thermometer bei Sonnenaufgang nur wenige Grade über Null, höchstens 3¹/₃° C., ablesen kann; im August 1899 notierte ich als tiefste Temperaturen 2° C. und 2¹/₃° C. Sehen wir dann die Karrensteine und Karrenplatten an, so bemerken wir nicht selten einen flimmernden Atlasglanz; das ist ein dünner Reifüberzug, der aus sehr feinen

Eiskriställchen besteht, deren Unterscheidung nur dem bewaffneten Auge möglich ist. Befinden sich auf den Karrenfeldern Firnflecke oder gar Gletscher, so wird der Feuchtigkeitsgehalt der Luft erhöht; dann werden auch die Eiskriställchen des Reifes größer, und dieKarrensteine erinnern an Tropfsteingebilde mit sehr feinem Überzuge körnigen Kalkes.

Bezüglich seines Verhaltens zum Karrenfeldboden muß man den Reif als eine dünne Schneelage auffassen, und was wir später noch vom Schnee in seinem Verhältnis zu den Karren aussagen werden, stimmt zunächst mit der Wirkung des Reifes überein. Das wesentlichste, worin sich beide gleichen, ist, daß sie als vorübergehende feste Niederschläge das Wasser festhalten und dann wieder langsam abgeben; der Karrenfels wird, wenn die Sonne den Reif weggeschmolzen hat, ein feuchtes Gestein, und ihm wird somit wieder — wenn auch in geringem Quantum — die für seine Zersetzung sorgende Kohlensäure zugeführt.

S c h n e e, H a g e l, E i s — drei Gebilde nächster Verwandtschaft — haben den verschiedensten Einfluß auf die Karrenbildung. Mechanisch kann der Schnee, bedeutend mehr der Hagel wirken, wenn sie vom Sturm an die Karrengrate geworfen werden, und das ist nichts Seltenes auf den Hochplateaus, wo der Wind mit furchtbarer Gewalt über die Karren fegt; die Schneestürme in den Karrengebieten des Steinernen Meeres und des Hohen Ifen sind selbst im Sommer gefürchtet. Ich selbst erlebte einen Schneesturm auf dem Steinernen Meere am 1. August 1894 und ein gewaltiges Schloßenwetter im Karrenterrain des Treffauer Kaiser am 24. August 1893. Auf dem Gottesackerplattert umtobten mich einige Schneestürme im Juli 1894. Die vorwiegend durch Stoß wirkende ä o l i s c h e T ä t i g k e i t, verstärkt durch die mechanische und chemische des Schnees und des Regens, zeigt den Weg zur Erklärung der feinen dorischen Riefelungen an den Karrenwänden, die ich Seite 15 ff. eingehender beschrieben habe. Sie finden sich auf erhöhten breiten und schmalen Firsten in den oberen Karrenregionen. Sind sie den Unbilden der Witterung von allen Seiten zugänglich, so ziehen sich die kleinen Riefen nach allen Richtungen abwärts; ist aber die eine Seite geschützt, so zeigt sich auf der dem Wetter zugekehrten Seite die Riefelung. Die Karrenwände, die rechtwinklig zur Stoßseite des Windes stehen, werden selbstverständlich am meisten angegriffen werden. Vielfach denkt man hierbei unwillkürlich an die Entstehung der R i p p e l m a r k e n. Was mich bestimmt, der äolischen Mitwirkung bei der Kannelierung der Karrenwände größere Aufmerksamkeit zu schenken, ist die Kürze der Riefen, die meistens 30—40 *cm* lang sind, um sich schon zu verlieren, höchstens 50—70 *cm*. Wenn nun der Sturm, unterstützt von atmosphärischen Niederschlägen, über die Plateaus dahinsaust, sind selbstverständlich die hervorragendsten Teile am meisten in Mitleidenschaft gezogen. Darum finden sich diese Riefelungen ohne Ausnahme auf den höheren Plateaus, worüber eben die heftiger bewegten Luftmassen ungehindert brausen können, und nicht auf tieferen Terrainstufen, wo jene Luftmassen infolge der orographischen Gestaltung des Gebirges in ihrer Wirkung und Wirkungsrichtung mannigfaltig gehindert und geschwächt werden.

Der eben besprochenen Riefelung kommen verschiedene günstige Momente entgegen, die durch das Gestein selbst gegeben sind, und die um so weniger übersehen werden dürfen, als sie eigentlich grundangebend für die Riefelung sind. Oben am Karrenfirst befindet sich vielleicht ein Petrefakt oder nur ein Teilchen einer Versteinerung oder sonst ein härteres Steinchen, vielleicht ein Kieselsteinchen oder auch ein Kalkspatkörnchen (vergl. Seite 75). Dieses härtere Teilchen widersteht naturgemäß länger der Verwitterung als das angrenzende Gestein. Von dem Teilchen fließen die Regentropfen ab, deren mechanische Tätigkeit durch den Wind bedeutend erhöht wird. Es wird sich nach der Seite zuerst ein Rinnlein bilden, die am stärksten

von der Witterung beeinflußt wird. Wie sich an einem Brückenpfeiler das Wasser teilt, so teilt sich an dem hervorragenden Muschelfragment das auffallende und aufschlagende Wasser. Die ganze Riefelung muß man sich so vorstellen:

Die von dem härteren Teilchen abfließende Wassermasse bildet eine Rinne in der weicheren Gesteinsmasse. Die Auflösungskräfte, die der härtere Vorsprung *a* abweist, kommen der sich bildenden Rinne *A* zu gute (Fig. 52). Zugleich wird auch rechts und links von dem härteren Teilchen der Grat etwas eingekerbt α—β. Die Riefe, die kleine Rinne erhält naturgemäß bei ihrer Bildung ein rechtes und linkes Ufer *1* und *2*, wobei es ganz gleichgültig ist, ob die Gesteinsmasse hier aus hartem oder weichem Material besteht. Diese Vorsprünge enden nach oben in den Karrenfirst oder -grat, der aber dadurch eine Zuspitzung erhalten hat, die durch die Einkerbung zwischen ihm und dem ursprünglichen, härteren Teilchen noch verschärft wird. Dieser so gemodelte Karrenfirstteil steht wie eine Spitze hervor bei *b* oder *c*, an der wiederum die Wasser rechts und links abfließen — oder nur nach einer Richtung. Da das Wasser von dieser Spitze aus am ungehindertsten nach der entgegengesetzten Seite der zuerst gebildeten Rinne fließen kann, bildet sich hier eine Rinne, als deren rechtes Ufer z. B. ein abwärts ziehender kleiner Grat *3* sich bildet, der von dem harten Teilchen ausgeht. Auf solche Weise entstehen rechts und links von dem harten Teilchen immer mehr Rinnen *B*, *C*, dann ebenso *D*, *E* etc. etc., bis der Fels an dieser Stelle vollständig damit bedeckt ist. Von oben gesehen ergibt dann dies Rinnensystem eine gutausgebildete Zickzacklinie mit angesetzten, parallel unter einander verlaufenden Strahlen. Es entsteht eine Form, wie sie Keller bereits sehr gut und richtig beobachtet hat (Fig. 39).[1])

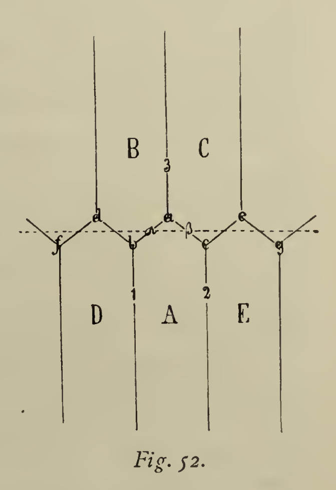


Fig. 52.

Die Weite der Riefe ist bedingt durch die Größe und Breite des zerplatzenden Regentropfens; darum geht sie selten über 2 *cm* hinaus. Vorzüglich ausgebildete Rinnen zeigen die Photographien solcher Gebilde in natürlicher Größe auf der XVI. Tafel. Bei einer horizontalen Lage oder vertikalen Aufrichtung des Felsens bildet sich die Riefelung nicht, nur bei entsprechender Neigung (vergl. S. 15).

Ist eine derartige Riefelung geschaffen, so scheint sie sich schwer wieder zu verlieren. Die hervorstehenden Petrefakten und andere härtere Gesteinspartikelchen beweisen, daß die Steinmasse sich oft wesentlich erniedrigt, bezw. verringert hat. Die härteren Teilchen, die einst die Veranlassung des Aushöhlungsprozesses waren, können auch mit der Zeit verschwinden. So ist auf jeden Fall meine Aussage berechtigt: Das ganze Rinnensystem steigt allmählich durch den Fels hinab.

Ist es die Erosion des Wassers, die lediglich mit der Ausarbeitung der Riefelung an den Karrengraten und -wänden beschäftigt ist, so müssen wir zum Schluß der Betrachtung über die Kannelierung nochmals darauf hinweisen, daß die Wirkung des Wassers wesentlich durch seine Absorptionsfähigkeit von Kohlensäure und durch den Wind unterstützt wird. Trotz der Feinheit, der Zartheit der Formen trägt das gesamte Rinnensystem den Stempel einer energischen Bildung an sich.

---

[1]) Das Ganze gleicht tatsächlich der zickzackförmigen Wasserscheide; vergl. Fig. 115 in A. Supans Physikalischer Geographie oder Fig. 34 in A. Philippsons Studien über Wasserscheiden. Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1885. Photographische Aufnahme 5 auf Taf. XCV des Simonyschen Dachsteinwerkes bringt einen so gemodelten Karrenfirst zur Anschauung.

Bei allen sekundären Formen spielt das Regenwasser eine große Rolle, vorzüglich bei den Nebenformen in Gestalt von dorischen und jonischen Kannelüren. Bei senkrecht aufgerichteten Wänden können tektonische Spalten noch die Modellierung unterstützen. Auf sie führen die 5—8 *m* langen und 40—50 *cm* und weit mehr tiefen Rinnen zurück, die vom Regenwasser bedeutend umgeformt werden. Rinnen von den letzt angedeuteten Dimensionen habe ich in dem Gottesackerterrain nicht beobachtet, wohl aber in den Berchtesgadener Alpen, an den Ostgehängen des Gjaidkopfes und der Hirschwiese. Nebenstehende Fig. 53 gibt den Horizontalschnitt eines dort beobachteten vertikal verlaufenden Rinnensystems.

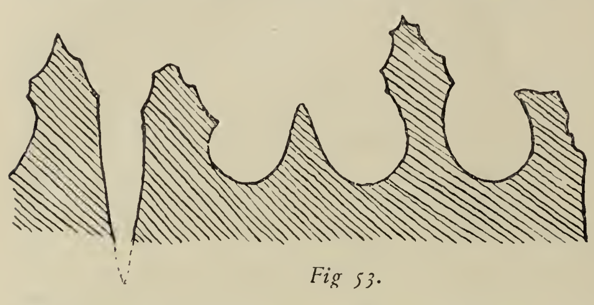


Fig 53.

Von den kleinen Rinnen auf mehr horizontal gelagerten Karrenplatten bis zu den mächtigen Rinnen an Karrensteilwänden werden alle möglichen Neigungsrichtungen infolge der verschiedengradigen Lagerung der Kalksteinkomplexe durchlaufen; vorherrschend jedoch sind für flache Rinnen Neigungen von 8° bis 30°, für stärker ausgeprägte solche von 55° bis 75°.

Der feste Aggregatzustand des Wassers, das Eis, ist bereits erwähnt worden. Bekanntlich wird irgend 1 Volumen Wasser von 0° zu 1,09 Raumteilen Eis. Dadurch werden die mächtigsten Felsblöcke zersprengt. Die mechanische Kraft des Eises befördert die Zerklüftung der Kalksteinmasse und das Absprengen von Gesteinsstücken.

Weit grösseren Einfluß auf die Karrenbildung hat man den großen Ansammlungen von Eis- und Schneemassen, den Gletschern mit ihren Schmelzwassern zugeschrieben. Über das Verhältnis der Gletscher zu den Karrenfeldern vergl. S. 97 ff.

Der nächste Verwandte des Eises, der Schnee, ist der Faktor, den die Anhänger einer chemischen Erosion zumeist für die Karrenbildung geltend machen. Diese Annahme läuft auf Einseitigkeit hinaus; denn es gibt viele Gestaltungen auf einem Karrenfeld, die sich nicht durch die Erosion des Schnees erklären lassen, z. B. die Riefelung, auch nicht die Formen der Karrensteine und der großen und kleinen Spalten. Anhäufungen von großen Schneemassen, wie Lawinenstürze, sind auf den beobachteten Karrengebieten infolge des Plateaucharakters ausgeschlossen.

Die Aufgabe des Schnees als sekundärer Faktor besteht nicht darin, große, schön gerundete oder gar zugeschärfte Formen zu schaffen, sondern lediglich darin, seine Unterlage feucht zu halten und ihr somit Kohlensäure zur Auflösung zuzuführen. Man kann wohl sagen, daß der Schnee zur Auflösung des Kalksteins beiträgt; er hat aber lange nicht einen solchen Einfluß, wie man ihm beizulegen gewohnt ist.

Indirekt wirkt der Schnee noch, indem er bei längerem Liegen ein guter Sammler für Humusboden wird, der auch eine Rolle bei der Karrenbildung spielt. Nach wenigen Tagen kann man die Auflagerung von Humus auf Neuschnee konstatieren; und auf älteren schräg gelagerten Schneemassen zeigen sich die Humusansammlungen in Gestalt von sogenannten Schmutzbändern, die die Konturen des Beckens wiederholen, das der Schnee ausfüllt.

Daß der Schnee durch seine rein chemische Wirksamkeit die Karren nicht allein zu stande bringt, erhellt folgende Tatsache. Zwischen Karrenhügeln eines Schrattenfeldes sind die Talungen öfters eben ausgebreitet, wie es sich leicht auf dem Gottesackerplateau und bei anderen Karrenfeldern beobachten läßt. Da ist der

Kalkstein oft auf weite Strecken horizontal gelagert. Aber er zeigt durchaus keine echten, typischen Karrenformen, sondern nur Spalten, die Anfänge zur Karrenbildung. Und hier in diesen Vertiefungen mit ihren dazwischen gebreiteten ebenen Rücken, wo der Schnee fast immer am längsten liegen bleibt, zeigen sicht nicht einmal solche ausgebildete Karrenformen wie auf den das Becken umgrenzenden Karrenhügeln, die viel früher im Sommer vom Schnee befreit werden. Unter perennierenden Schneeflecken habe ich nie typisch ausgebildete Karren gefunden. Dies scheint mir vornehmlich neben anderem beweiskräftig genug, keine ausschließliche Schneewirkung bei dem Formen der Karren anzunehmen.

An die vorhergehend erwähnten sekundären Faktoren reihen sich nicht minder wichtige, die bis jetzt bei der Karrenbildung nicht eingehender beachtet wurden; es sind dies die Pflanzen und ihre Zersetzungsprodukte. Von den eroberungssüchtigen Zügen des Pflanzenreichs auf der Erdoberfläche bleiben auch die Kalkfelsen mit ihren Schratten nicht verschont. Selbst auf scheinbar frischen Felsflächen bilden sich Pflanzenkolonien, Pflanzenstaaten, sobald jene nur einige Zeit von Feuchtigkeitswellen der Atmosphäre umspült werden.

Die Pflanze hat eine mechanische, wie chemische Wirksamkeit. Die mechanische offenbart sie sowohl als Landbeschützerin, wie auch als Landzerstörerin. Sie schützt das Land gegen die Fluten des Wassers und des Windes. Am Fuße von Felsmeeren, so an Schuttablagerungen, sendet sie ihre Wurzeln in die herabgespülte Erdkruste. Auf solche Weise wird das Geröllmeer immer mehr von ihr eingenommen, zugleich dem Menschen den Weg zeigend, den er einschlagen muß, um die Bewaldung der kahlen Berge wieder herbeizuführen. Bei den Karren kommt die schützende Tätigkeit der Pflanzen weniger zum Ausdruck als die zerstörende, besonders in den höheren Regionen. Alle Pflanzen, ob Flechte, Moos oder Blütenpflanze, ob Strauch oder Baum, üben eine mechanische Kraft auf das Gestein aus. Für die Oberflächengestaltung der Karrenwände und -grate ist besonders die mechanische Kraftleistung der kleinsten Pflänzchen von Bedeutung. Die Druck- und Arbeitsleistung wachsender Pflanzen hat Pfeffer experimentell nachgewiesen.[1]) Nach seiner Methode hat Miyoshi die Druckkraft der Hyphen auf 6 bis 7 Atmosphären geschätzt.[2]) Dabei hat man indessen zu bedenken, daß trotz dieser Druckleistung die absolute Kraft der Hyphen infolge ihres winzigen Durchmessers minimal ist. Die winzigen Hyphenfäden der Krustenflechten dringen in die feinen Ritzen des Kalkgesteins ein. Sie durchwuchern die Kalksteinoberfläche; diese wird dabei durch den obwaltenden seitlichen Druck zersprengt und gelockert. Die gesprengten Kalksteinteilchen werden auch abgehoben, indem die Hyphenfäden gleich Hebeln wirken. Bei scharfem Hinschauen beobachtet man, daß dort, wo die Lichenen am kräftigsten wachsen, sich ganz winzige, lose Teilchen des Kalksteins vorfinden, die entweder durch den Wind als Staub oder vom Regenwasser aufgelöst oder als Reibeteilchen entführt werden.[3])

Eine starke mechanische Tätigkeit entfalten die Rhizoiden der Moose, die ebenfalls reichlich auf dem Karrenterrain vertreten sind. Selbst größere Pflanzen können durch die Sprengungskraft ihrer Wurzeln den Kalkstein so beeinflussen, daß

---

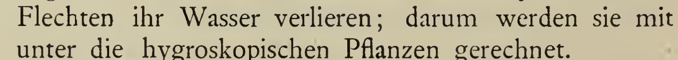
[1]) W. Pfeffer: Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen. XX. Bd. der Abhandlungen der mathematisch-physischen Klasse der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Nr. III, 1893.

[2]) Miyoshi: Die Durchbohrung von Membranen durch Pilzfäden. Jahrb. für wissenschaftl. Botanik, Bd. XXVIII, 1895.

[3]) Anton Kerner von Marilaun: Pflanzenleben. 2. Auflage. Leipzig 1896, I. Bd., S. 246 ff.

er mitunter in plattenförmige und würfelige Massen abgesondert wird. Höchst instruktiv ist Bild 22 (Taf. XI). Deutlich läßt sich wahrnehmen, wie die Kluft des Karrenblockes, auf dem eine Fichte steht, ganz erheblich durch die Wurzeln der Fichte auseinander gepreßt ist. Die Fichten auf dem linken hinteren Block haben durch ihre Wurzeln zur Zerspaltung des gesamten Karrenblockes gewiß sehr viel beigetragen. Die zersprengende Kraft der Wurzel erhöht sich noch bei ihrem Absterben, indem ihre Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, bei ihrem Verwesungsprozeß beträchtlich verstärkt wird.

Um vieles nachhaltiger als die mechanische Kraftleistung der Pflanzen kommt bei der Karrenentstehung ihre chemische zur Geltung. Die Lichenen sind sämtlich Luftpflanzen; von allen Pflanzen sind sie am meisten auf das atmosphärische Wasser angewiesen und können innerhalb einer Woche mehr denn 50 Prozent Wasser ihres Volumens aus der Atmosphäre aufnehmen, flüssiges Wasser in noch kürzerem Zeitraume. Dies Aufnehmen geschieht besonders reichlich im Frühling und Herbst, während in trockener Jahreszeit die Flechten ihr Wasser verlieren; darum werden sie mit unter die hygroskopischen Pflanzen gerechnet.



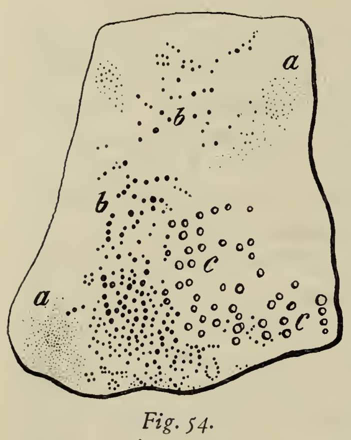


Fig. 54.

Auf und an den emporstarrenden Karrengraten beobachtet man feinste Grübchen. Diese können unmöglich durch auffallende Regentropfen oder Schnee allein entstanden sein, sondern weit mehr durch die Flechten. Jedes Grübchen entspricht der Größe einer Flechte. Diese hat den Kalkstein ausgenagt oder besser gesagt: angeätzt. Die Grübchenbildung läßt sich so erklären: Die Hyphen scheiden Kohlensäure aus, die den kohlensauren Kalk auflöst und in doppeltkohlensauren Kalk umwandelt. Letzteres Umwandlungsprodukt ist im Wasser löslich; ein Teil davon dient der Lichene als Nahrung, der andere wird durch das Regenwasser in tiefere Regionen transportiert. Die chemische Tätigkeit der Lichenen ist eng verknüpft mit der mechanischen. Dieselben Vorgänge lassen sich auf Kalkstein und Dolomit gleich gut wahrnehmen. Die Lichenen sind erstaunlich weit verbreitet. Sie bilden ein förmliches Gekruste auf der Kalksteinoberfläche.

An den Kalkgesteinen, die den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, läßt sich weiter beobachten, wie gewisse Arten von Flechten sich wie Bohrmuscheln in den Kalkstein einfressen und kleine und kleinste Löcher bilden von 0,1 *mm* Tiefe bis 1 *mm*. Der Umfang dieser Löcher ist durchweg kreisrund und geht kaum über eine Durchmessergröße von 1 *mm* hinaus. Figur 54 gibt ein Stück einer solchen von Lichenen angebohrten Oberfläche eines Kalksteins aus dem oberen Teil des Scharlinger Bodens im Wilden Kaiser wieder. Interessant und immer wiederkehrend ist die Beobachtung, daß die kleineren kreisrunden Löcher (Fig. 54a, b) an ihrem Ausgehenden, d. h. oben am Rande, eine scharfe Kante aufweisen, die allmählich bei den Löchern (c) mit einem größer werdenden Durchmesser (von 1/2 *mm* an) verwischt werden, so daß das Loch seinen Charakter als solches mehr und mehr verliert und nur als eine schwache breitausgezogene Grube erscheint, die unter Umständen in den gesamten Flächenverlauf unmerklich übergeht. Ich erkläre mir dies dahin, daß, sofern das Flechtenloch noch einen geringen Durchmesser besitzt, der aufplatzende Regentropfen keine Angriffspunkte findet, wohl aber bei den über 1/2 *mm* mehr und mehr sich ausweitendem Loche.

Die Mannigfaltigkeit der Wirkungsweise der Flechten wächst dadurch, daß sie den Kalkstein in einen guten Wärmestrahler umwandeln. Allgemein ist bekannt, daß sich ein Gestein von festem, gleichmäßigen Gefüge und heller Farbe sehr langsam erwärmt und sehr langsam seine Wärme wieder abgibt, daß sich infolgedessen der Gesteinskörper bei steigender Wärme gleichmäßig ausdehnt und bei fallender gleichmäßig zusammenzieht; eine weitere Folge davon ist wieder, daß an der Oberfläche keine Risse entstehen, wenigstens ganz selten. Natürlich sehen wir hier von den Spalten ab, die auf tektonischen Einfluss zurückzuführen sind. Ein solcher Gesteinskörper ist nun der reine Kalkstein mit seinem dichten Gefüge und seiner lichten Farbe. So würde es denn geschehen, daß die Kalksteinfelsen Jahrtausende länger dem Wärmewechsel trotzen könnten; und die Dunstwellen der Atmosphäre, die die Kalksteinriffe und -Klippen umspülen, würden keine genügenden Haftpunkte an den Felsmauern finden. Was nun das Riesenheer der Atmosphärilien kaum vermag, das bringen die kleinsten aller Zwerge im Haushalte der Natur zuwege, deren Aufgabe ist, die Gesteine anzuätzen, zu zerkrümeln und Bedingungen für die Existenz höherer Organismen zu schaffen. Wie wir bereits darlegten, arbeiten die Lichenen an den Kalksteinwänden kleine Grübchen heraus. Somit wird die frühere, glatte Oberfläche in eine rauhe umgewandelt, also aus dem Kalkstein ein guter Wärmestrahler gemacht. Die Fähigkeit eines besseren Wärmestrahlers erhöht sich noch dadurch, daß durch die Lichenen das Grauweiß des Kalksteins durch eine andere Färbung ersetzt wird. An den mauerartig aufgerichteten Riffen der Ifen-Gruppe, die als Terrassen nach Norden abstürzen, tritt diese auffällige Färbung ausnehmend schön hervor; fast gar nicht auf dem südwestlichen Teil des Gottesackerplateaus, auf der Ifenplatte, die bei Sonnenlicht durch ihr Marmorweiß blendet. Das verrät selbst, wie ich schon an anderer Stelle hervorgehoben habe, die Photographie, vergl. den weißen Kalksteinstreifen in der Mitte des Bildes 6, Taf. III. In der bunten Nuancierung ist hervortretend ein Schwarzgrau, untermischt mit Grün, Rot, Braun, Gelb und Blau, das dem Kalkfelsen die eigentümliche Färbung — im Marmor- und Sprenkelmuster — verleiht. Von nahem sieht es aus, als ob bunter Staub an die Felsen angeweht sei, der aber so fest haftet, daß es einem kaum gelingt, ihn mit dem Messer von dem Kalkstein abzuheben. — Weil nun der Kalkstein durch all diese Wirkungen in einen besseren Wärmeleiter umgewandelt ist, wird er sich am Tage auch leichter erwärmen und des Nachts schneller abkühlen, wird demnach eher sprüngig und rissig werden. Eine weitere Folge springt mithin für unser Phänomen heraus: Eine Beschleunigung der Karrenbildung.

Die Flechten sind, wie wir sahen, von den Feuchtigkeits- und Beleuchtungsverhältnissen abhängig; wo diese am besten vereint sind, ist zugleich die Daseinsbedingung der Lichenen eine der besten. Darum gedeihen sie am üppigsten auf der Wetterseite der Kalkfelsen. Selbst eine einzelne senkrecht stehende Karrenplatte kann uns davon überzeugen. Während sie nach dem Firste zu und auf diesem am reichsten von den Flechten angeätzt ist, ist die Fähigkeit der Anätzung nach der Tiefe zu eine geringere und die Karrenoberfläche dann vielfach nicht so rauh wie oben am Grat; die Wetterseite kann aber auch bis zum Boden der Karrenrinne rauh sein. Somit sind die Flechten im Haushalte der Natur von keiner geringen Bedeutung. Ihre Hauptaufgabe ist, dafür mit zu sorgen, daß die Erdoberfläche urbar werde. Ihre Einflüsse für die Karrenbildung lassen sich dahin zusammenfassen, daß sie den Kalkstein auf längere Zeit feucht halten, daß sie Kohlensäure zur Zersetzung des Kalksteins ausscheiden, daß sie durch die Minierarbeit ihrer Hyphenfäden die

Oberfläche des Kalksteins zersprengen, und daß sie den Kalkstein in einen guten Wärmestrahler umwandeln.

Es gibt eine Anzahl von Beobachtern, die eine Pflanzenerosion nicht anerkennen oder ihr nur sehr wenig Bedeutung beimessen. Neuere Forschungen haben mich indes in meinen Wahrnehmungen und Ausführungen bestärkt. Wohl gibt Wallroth[1]) noch keine genügende Erklärung für die Flechtgrübchen im Kalkgestein, ja das Einbohren der Lichenen von außen her in das Gestein hält er geradezu für ausgeschlossen. Aber Bachmann[2]) weist schon klar nach, daß die Flechtenpilze an ihren Spitzen eine Säure produzieren, die den Kalk auflöst, sich gleichsam in Röhrchen in denselben einbohrt und mit solchen Kanälchen nicht einmal die Kristalle verschont. Nach ihm frißt sich der ganze Thallus der Flechten ein. Von außerordentlicher Wichtigkeit sind nun die Darlegungen von Lind[3]), der durch zahlreiche Experimente die einzelnen Vorgänge, die bei dem Einbohrungsprozeß von Pilzen in den Kalkstein bestimmend sind, präzisiert hat.

Eine ähnliche Wirkung wie die Flechten haben die Moose. Entfernt man ein Moospolster von seiner Unterlage, so sieht man deutlich, wie diese angegriffen und mitunter etwas ausgehöhlt ist. Die flache Höhlung kann mit der Länge der Zeit zu einem Loche werden, das manchmal einige Centimeter tief in den Felsen eingebohrt ist. »Dort, wo z. B. die Grimmia apocarpa abgestorben ist, sieht man dann an dem Kalkblock immer einen deutlichen Substanzverlust, ein mehr oder weniger tiefes Grübchen mit unebenem, ausgenagten Grunde« (Kerner).

Die Hauptaufgabe der Moospolster besteht in Verbindung mit der Huminsäure im wesentlichen darin, das Gestein erst mürbe zu machen und dann aus- und abzurunden. Die Moospolster finden sich überall. Es ist, wie gesagt, der größte Irrtum, zu glauben, daß ein Karrenfeld nichts als eine trostlose, vegetationsbefreite Steinwüste sei; der Humus und die Pflanzenbedeckung sind hier, wie überall bei der Formenmodellierung mit beteiligt.[4])

Jedes Moospolster gleicht einem Schwamme, der sehr viel Wasser aufnimmt, lange behält und ganz langsam wieder abgibt. Die Moospolster auf dem Boden der Karrenspalte halten im Verein mit dem Humus die Feuchtigkeit sehr lange fest. Sie bewirken hier eine größere Abfressung des Kalksteins. Weiterhin tragen sie mit

---

1) Wallroth: Naturgeschichte der Flechten. Frankfurt a. M. 1885.

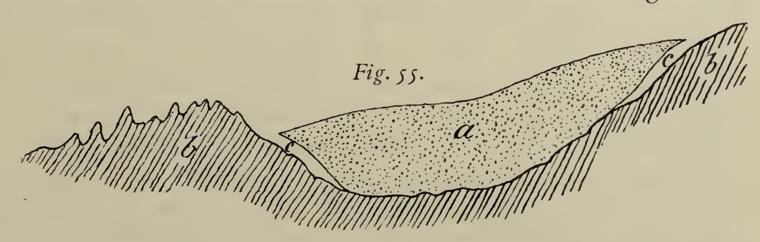
2) Bachmann: Die Beziehungen der Kalkflechten zu ihrem Substrat. Der Thallus der Kalkflechten. Wissenschaftl. Beilage zu dem Programm der städt. Realschule zu Plauen i. V. 1892.

3) K. Lind: Über das Eindringen von Pilzen in Kalkgesteine und Knochen. Dissertation. Leipzig 1898.

4) Christ: Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1882, S. 300. Wie wir auf S. 46 bei Christ hervorhoben, beruft sich dieser u. a. auf Rütimeyer bei der Schilderung der schnell vor sich gehenden Erosion des Kalkfelsens durch die Verwesung der Blätter. Die Blätter sollen sogar dem unterliegenden Kalkstein ihre Form aufprägen. Ob nun diese Beobachtung richtig ist, das läßt sich nicht entscheiden. Ich halte es für kaum möglich, daß ein Blatt durch seine Zersetzung einen solchen Eindruck auf das Gestein hervorbrächte, der seiner Gestalt entsprechend wäre; auch sind mir nach dieser Richtung von keiner anderen Seite Beobachtungen bekannt. Blatteindrücke hat man schon beobachtet, wohl in paläontologischen Funden und gegenwärtig auf Schneemassen. Ich vermute, daß Christ bei seiner Heranziehung von Rütimeyer eine Stelle aus den Schriften dieses Forschers im Sinne gehabt, aber den richtigen Zusammenhang derselben verloren hat. Wir teilen diese Stelle im Interesse dieser wichtigen Frage wörtlich mit: »Ich habe schon erwähnt, daß viele unserer Quellen und Bäche Kalk führen, den sie dann in Form von Tuff absetzen, der selbst große Anhäufungen bildet, ganze Felsmassen von porösem, leichten Stein. — Die Quelle rieselt über Blätter, Ästchen, Pflanzen aller Art, und alle erhalten einen Überzug von weißem Tuff. Blätter werden so mitbegraben, ihre Substanz verwest, und später finden wir dann die schönsten Abdrücke derselben in Stein.« L. Rütimeyer, Gesammelte kleine Schriften. Basel 1898, II. Bd., S. 96, 97.

dazu bei, daß die Risse in der Tiefe oft kommunizieren, indem die Zwischenwände in größeren und kleineren Löchern durchfressen werden. Selbstverständlich sind darin die anderen erwähnten Faktoren nicht außer acht zu lassen, besonders das ungleichmäßige Gefüge des Kalksteins.

An größeren Karrenwänden bemerkt man oberhalb der Rinnen, die wir mit den Kannelüren einer jonischen Säule verglichen, die oft bei bedeutender Breite mehrere Meter Länge erreichen können und unter starkem Gefäll (57—70 und mehr Grad) abwärts ziehen, gewöhnlich große Moos- und Humuslager (Bild 3, Taf. II; Bild 19, Taf. X). Sind diese mit Moos und sonstigen Pflanzen bedeckten Humusschichten von Feuchtigkeit geschwängert, so werden die Rinnen oft tagelang feuchtgehalten. Die vortreffliche Eigenschaft des Mooses, die Feuchtigkeit festzuhalten, läßt sich nach einem Schneefall gut beobachten. Eine horizontale Karrenplatte z. B., die an irgend einem Ritz oder in einer flachen Aushöhlung ein Moospolster sitzen hat und daneben vielleicht eine solche Aushöhlung, wo sich kein Moospolster befindet, ist beschneit worden. Die Sonne leckt den Schnee bald weg, erst auf den erhöhten Teilen der Platte, dann in der Aushöhlung und auf dem Moospolster. Richten wir nun unser Augenmerk auf die flache Höhlung mit Moos und die ohne Moos. Der Schnee der letzteren kann schon nach einem Tag verdunstet sein, ohne jegliche Feuchtigkeitsspuren auf dem Kalkstein zu hinterlassen. Hat der Schnee längere Zeit gelegen und ist mehr kompakter geworden, so trocknet er gleichsam zusammen, besonders von der Seite her, wo er das Gestein nicht mehr mit Feuchtigkeit benetzt.



Das kann leicht an jedem Firnflecke beobachtet werden, daß das Gestein (Fig. 55, b) unter dem Rande der Firndecke (a) bis auf einen oder mehrere Decimeter trocken liegt und zwischen ihm und der Schneebedeckung ein Hohlraum (c), dessen Eingang offen ist, dessen Deckenwölbung und Hintergrund durch eine Eiskruste und dessen Boden durch trockenes Gestein gebildet wird, anzutreffen ist.

Wesentlich anders verhält sich das Moospolster. Nicht allein, daß es den Schnee nicht so schnell wie die bloße Gesteinsfläche verdunsten läßt, sucht es auch den Schnee in sich aufzusaugen und wird so zu einem trefflichen Wasserreservoir. Trocknet der Schneefleck mehr von der Seite ein und läßt das Gestein bereits unter seinem Rand trocken, so offenbart das Moospolster eine ganz andere Eigentümlichkeit; es befeuchtet nicht nur auf längere Zeit den Stein auf der eigenen Flächenausbreitung, sondern noch weit darüber hinaus. Dies geschieht nach allen Richtungen, und das Moospolster ist von einem Feuchtigkeitsband oder Befeuchtungshorizont umschlungen. Ähnliches sehen wir nur beim Tauen von frischgefallenem Schnee. Dieser Feuchtigkeitshorizont ist eine variable Größe; er wird bei anhaltender trockener Witterung immer kleiner, um zuletzt ganz zu verschwinden. Ein Zeitmaß dafür zu finden, ist eine sehr schwierige Aufgabe, da eine ganze Menge Faktoren, wie Größe und Dichte des Moospolsters und der unterliegenden Humusschicht, Stärke und Dauer der Befeuchtung, mit hineinspielen.

In dreierlei Hinsicht steht das Moos als sekundärer Faktor über dem Schnee, erstens in der Dauer der Befeuchtung, zweitens in der Bildung von Säuren für die Auflösung des Kalksteins und drittens in der mechanischen Kraftleistung seiner Saugzellen. Hingegen der

Vorzug des Schnees gegenüber dem Moose besteht darin, daß er sich je nach der Jahreszeit und der Orographie des Gebirges und der Höhenlage in größeren Flächen über das Terrain hinbreitet und so unter günstigen Umständen eine dauernde Wasser- und Auflösungsquelle für den Kalkstein bildet. Wie die Flechten und Moose wirken auch die Blütenpflanzen, überhaupt höhere Pflanzen auf das unterliegende Gestein verändernd ein, freilich nicht in dem Grade wie die vorhergenannten; denn die niederen Pflanzen scheiden infolge der schnelleren und energischeren inneren Verbrennungsprozesse größere Mengen von Kohlensäure ab und sind darum in erhöhtem Maße im stande, Kalk aufzulösen (Lind). Experimentell läßt sich nachweisen, wie selbst polierte Marmorplatten von den Wurzeln angegriffen werden.[1]) Ist z. B. eine Karrenrinne ganz vom Humus zugedeckt worden, oder liegen Karrensteine im Humusboden, so schmiegen sich die Wurzeln der Blütenpflanzen an die Oberfläche der Gesteinsmasse und ätzen sie an. Durch die Wirkung des sauren Saftes, der die Zellwandungen der Wurzelzellen erfüllt, werden einzelne Teilchen des kohlensauren Kalkes aufgelöst. Bei dem Absterben der Wurzeln ist dieser Einfluß noch erhöht, und man kann an Karrensteinen oder Karrenfirsten und Karrenwänden, die im Humus begraben waren, ganz deutlich erkennen, wie die Wurzeln den Stein angeätzt haben. Manchmal sieht eine solche von Erde und Pflanzen befreite Gesteinsoberfläche fast aus wie ein weicher Lehmboden, über den Regenwürmer gekrochen sind und in allerhand sich kreuzenden Furchen und Rinnchen ihre Spuren hinterlassen haben. Diese so entstandenen Gebilde nennt man Korrosionsfiguren.[2]) Früher glaubte man für das Korrodieren der Wurzeln höherer Pflanzen verschiedene Säuren annehmen zu müssen, bis es Czapek[3]) gelang, nachzuweisen, daß alle diese Wirkungen nur solche der Kohlensäure sind.

Trotzdem die Blütenpflanzen zur Bildung und Zerstöruug der Schrattengebilde beitragen, bringen ihnen die Karren die beste Freundschaft entgegen. In geschützten Karrenfurchen und Karrenbecken gedeihen manche Pflanzen viel besser als auf anderem Terrain (vergl. Seite 20ff).

Die Beziehungen der Pflanzen zu den Karren ergeben, daß wir es mit ganz wichtigen sekundären Faktoren bei der Schrattenbildung zu tun haben. Da diese Beziehungen bei der Karrenbildung noch gar nicht richtig gewürdigt worden sind, so wird es der geehrte Leser entschuldbar finden, wenn die Erörterungen darüber etwas ausführlicher ausgefallen sind als über gleichberechtigte andere Bildungsfaktoren. Die Tätigkeit der Pflanzenwelt ist bei der Karrenbildung wie überhaupt bei der Umbildung der Kalkgebirge so mannigfaltig energisch und zugleich eigenartig spezialisiert, daß wir ihr schon an anderer Stelle[4]) den Namen »Phyterosion« beilegten.

Die ganze Art und Weise, wie die Pflanzen in das Kalkgebirge vordringen, macht den Eindruck großer Zweckmäßigkeit und verrät ein weises Gepräge und einen gewissen historischen Charakter[5]). In der ersten Periode dringen Flechten und Moose in das Kalkgebirge vor. Ist der Kalkfels

---

[1]) Kerner: Pflanzenleben. 1896, I. Bd., S. 247, 248. — Das Botanische Institut der Universität Leipzig hat in seiner Sammlung eine Anzahl solcher Marmorplatten mit schön ausgeprägten Korrosionen.

[2]) K. Lind: Über das Eindringen von Pilzen in Kalkgesteine und Knochen. 1898, S. 26, 19.

[3]) Czapek: Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen, Jahrbuch für wissenschaftl. Botanik, Bd. XXIX. 1896, S. 321.

[4]) M. Eckert: Über die Erosion der Pflanzen in den Kalkgebirgen. Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft. Görlitz 1898, 22. Bd., S. 209—224.

[5]) L. Rütimeyer: Die Pflanzendecke; ihr Einfluß auf die Form der Oberfläche; Pflanzengruppen und Pflanzenzonen. In den Gesammelten Kleinen Schriften. 2. Bd., S. 175, 176. Basel 1898.

für sie nicht mehr brauchbar und genug für die folgenden Kolonisten vorbereitet, so ziehen in der zweiten Periode anfangs genügsame Gräser und flachwurzelnde Blütenpflanzen ein, dann aber weniger genügsame Gräser und Kräuter. Es werden die Triften gebildet; das sind die gemischten Pflanzenstaaten der Stauden und Gräser. Ist durch diese der Boden brauchbar und zugleich durch ihre Zersetzungsprodukte vermehrt worden, so siedeln sich in der dritten Periode erst Sträucher an und dann Einzelbäume. Wenn durch diese beiden der Grund ihres Staates genugsam verbessert und durch alle möglichen Erosionseinflüsse das Gebirgsterrain so viel wie möglich verebnet ist und sich dazu günstige Witterungsverhältnisse gesellen, dann kann die vierte und letzte Periode der Kolonisation beginnen, in der die Wälder herrschen oder der Mensch den Boden zum Anbau seiner Feldfrüchte benutzt.

Bei der Betrachtung des Verhältnisses der Karren zu den Pflanzen kam ich bereits auf den Humus[1]) zu reden; ihm seien noch einige Worte gewidmet. Unter Humus versteht man die bei der Vermoderung oder Verwesung von Pflanzen- und Tierstoffen gebildeten braunen bis schwarzen, erdähnlichen, nicht kristallisierbaren Produkte, die in mehr oder minder dicker Schicht den Boden der Wälder und Wiesen bedecken und auf den Schneefeldern und in Felsrissen der höchsten Berge und überall in den Runsen der Karrenschrofen anzutreffen sind.

Gewöhnlich bezeichnen wir mit dem Humus den Detritus pflanzlicher Gewebe. In den untergehenden Pflanzenteilen, Blättern, Gras, Graswurzeln, Moosen etc. liegt die Quelle der Humusbildung. Der Humus hat eine außerordentliche Fähigkeit, Wasser aufzunehmen und festzuhalten. Die humusreiche Vegetationskrume auf dem Boden der Karrenrinne fühlt sich selbst nach Tagen der Hitze noch feucht an. Das Wasser wird nur langsam wieder abgegeben, der unterliegende Fels natürlich länger feucht gehalten und zuletzt mehr zerstört als benachbartes, von Humus befreites Gestein. (Auf diesen Vorgang habe ich bereits aufmerksam gemacht.) Mit welcher Kraft das Wasser festgehalten wird, beweist folgendes Experiment. 100 Teile Humus und 100 Teile feinerdigen Kalkes wurden mit Wasser geschwängert; da nahm der Humus 190 Teile Wasser auf, der feinerdige Kalk nur 85 Teile. Von dem aufgenommenen Wasser verdunsteten in vier Stunden unter ganz gleichen Umständen bei dem Humus 38 Teile Wasser, bei dem Kalk 24 Teile, d. h. mit anderen Worten: von dem absorbierten Wasser geht innerhalb vier Stunden beim Humus 20 Prozent und beim Kalk 28 Prozent fort.

Aus der Absorptionsfähigkeit des Humus kann weiter auf die außerordentliche Verringerung des Volumens beim Austrocknen geschlossen werden; aus 1000 Volumina Humus werden 846. In den Karrenrinnen ist der Humus mit den vom Regen herbeigeführten größeren oder kleineren Kalkpartikelchen, vielfach auch mit Kieselchen gemischt; dieser huminöse Boden nimmt im feuchten Zustande ein größeres Volumen ein als im trockenen. In der feuchten Jahreszeit ist das Volumen durchgängig größer als in der trockenen, infolgedessen trägt der Humus zur Zerstörung des Kalkfels mehr im Winter, Frühjahr und Herbst bei als im Sommer. Mechanische Zerstörung des Kalkes bewirkt er, wenn er gefriert, denn humusreicher Boden dehnt sich beim Gefrieren ganz enorm aus, bei dem Auftauen fällt er indes auch beträchtlich zusammen. Da der Humus von schwärzlicher Färbung ist, besitzt er außerdem ein großes Absorptionsvermögen für Wärme. Bei der nächtlichen Abkühlung wird eine ungleichmäßige Wärmeverteilung des Kalksteins herbeigeführt und so der Zersprengung des Felsens in Klüfte und Klüftchen Vorschub geleistet.

---

[1]) Senft: Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen. 1862. Vergl. hierzu ferner: W. Schumacher: Die Physik des Bodens. Gekrönte Preisschrift. Berlin 1864.

Das ist bei dem anstehenden Fels der Fall. Derartig entstandene Spalten und Klüftchen lassen sich unter einer dünnen Humusschicht zuweilen noch beobachten, nicht mehr unter einer dicken.

Der Humus an sich ist ein Übergangsprodukt im Oxydations-(Verwesungs-)Prozeß der Cellulose, der sckließlich mit den Endprodukten Wasser und Kohlensäure endet. Der chemische Vorgang ist dabei ein sehr verwickelter und noch nicht recht gelöst; auch die verschiedenen sogenannten Humussäuren, deren reine Darstellung bis jetzt noch nicht gelungen ist, können nicht als chemische Individuen betrachtet werden. Der Nachweis des Vorhandenseins einer Säure, der Huminsäure, ist bis jetzt erst sicher gelungen. Durch sie wirkt der Humusboden auf den Kalkstein, von dem er nur ganz feine Schichten auflöst, vor allem die kleinen Ecken und Kanten der Grübchen, die von den Flechten und Moosen und den Verwitterungseinflüssen herrühren; denn unter dem Humus findet man niemals solche rauhe und zackige Karrenformen wie über demselben, ebenso nicht rauhe Firste, sondern nur abgerundete; verschiedene Teile, die ich bis über Metertiefe aus dem Humusboden herausgegraben habe, bewiesen mir das zur Evidenz (siehe Bild 34 rechts auf Taf. XVII). Den Karren unter der Oberfläche des Humusbodens fehlt eben das die oberirdischen Karren kennzeichnende Gekruste und die Rauheit. Jene sind verhältnismäßig glätter und wie mit einem feinen Mehlstaub angeflogen. Dieser Staub gibt mir den Hinweis auf eine tatsächliche Loslösung von Kalkpartikelchen durch Humus. Freilich wird dieser Prozeß unendlich langsamer vor sich gehen als der allen Verwitterungseinflüssen zugängliche Karren des anstehenden Felsens. Der Humus greift die Gesteinsoberfläche, die unter ihm begraben liegt, allseitig an, und darum ist auch seine Erosionstätigkeit mehr eine gleichmäßig abnagende, wobei aus schon früher dargelegten Gründen Spalten und ebenso Schärfen ausgeschlossen sind. Da die vom Humus bedeckten Karrenfelsen und -steine den atmosphärischen Einflüssen wenig zugänglich sind, so haben sie eine gebleichte Farbe, fast dieselbe wie frisch angeschlagenes Kalkgestein.

Ein klassisches Beobachtungsfeld dieses speziellen Phänomens ist das Plateau des Hinterkaiser; hier liegen in dem fetten und dichten Humus die abgerundeten und glatten Karren, während dicht daneben in unmittelbarer Nachbarschaft die rauhesten und schärfsten Karrenplatten zum Himmel starren; dieses Vorkommen von solch nachbarlichen Gegensätzen läßt sich auf jedem größeren Karrenfeld nachweisen. — Einem Einwurf will ich hier gleich begegnen; man wird mir entgegenhalten, eine derartige Tätigkeit der Pflanzen und Humussäuren begegnet man auch auf anderem Gestein. Das ist wohl richtig; aber doch geschieht es nicht mit solcher Kraft und Kraftäußerung wie bei dem Kalkstein. Und dieser Kraft ist durch die Spalten des Karrenterrains eine ganz bestimmte Wirkungsrichtung gegeben, und sie wird eben dadurch zu einem spezifisch sich äußernden Bildungsfaktor eines Schrattenfeldes, überhaupt von Schrattenformen.

Die Tätigkeit der Humussäuren geht Hand in Hand mit der von uns bezeichneten »Phyterosion«. In der Kombination all dieser Wirkungen glaube ich den Schlüssel zu der letzten fragwürdigen Seite unseres Karrenproblems gefunden zu haben: warum kommen runde und zugeschärfte Formen nebeneinander vor, warum kommen erstere nur auf tieferen Stufen vor?

Wie schon bei der Formbesprechung hervorgehoben wurde, zeigen sich die Karren mit runden Firsten stets als die an Höhe niedrigeren gegenüber denen mit zugeschärften Graten. Sie mögen in früheren Erdperioden auch einmal zugeschärft gewesen sein, aber in dem Kampf mit den verschiedenen Zerstörungsmächten, besonders mit dem Humus, unterlagen sie auf den niederen Terrainstufen sämtlich, was zuletzt bei günstigen Verhältnissen auch mit denen auf den höheren Stufen

geschehen wird, die jetzt noch in ihrer vollkommenen Karrengestalt prangen. Da man große, in Humus begrabene Karrenfelder in tieferen Lagen gefunden hat, läßt es die Annahme ziemlich gewiß scheinen, daß früher einmal die Vegetationsgrenze viel tiefer lag und andere klimatische Verhältnisse herrschten wie heute. Doch hat man sich nicht nach dem sporadischen Vorkommen von karrenähnlichen Gebilden auf ganz niedrigen Stufen zu richten. Es kann hinwiederum vorkommen, daß der Humus mit seiner Pflanzenwelt von den Karren durch Sturm und Regen oder durch die Schmelzwasser eines tiefergehenden Gletschers weggeschwemmt wird, daß dann auf lange Zeit hinaus eine Neuansetzung von Humus ausgeschlossen ist; dann zerklüften die breiten, freigelegten Firsten, die Karrenrücken wieder, es bilden sich neue Firste, die mit der Zeit ebenso sich wieder zuschärfen können, wie es ursprünglich der Fall war.

Die Neubildung der Karren endet zuletzt wieder in niedrige runde Karrenhöcker, begraben von Humus, und wir haben dann wiederum eine Niveauverschiebung oder Niveauveränderung des ganzen Karrenterrains. Und so erkennen wir auch in der Karrenbildung einen Erosionsprozeß mit der Tendenz der Niveauverschiebung auf niedere Stufen. Die Karrengebiete, die auf den oberflächlichen Beschauer den Eindruck einer Landschaft des Öden und Leblosen machen, verrichten eine gewaltige Arbeit für eine ferne Zukunft. Das Niveau der Kalkfelsoberfläche rückt immer tiefer, die Karren verschwinden in ihren Trümmern, der graue Ton des Felsens macht dem fröhlichen Grün einer üppigen Vegetation mehr und mehr Platz, und späte Geschlechter werden hier wohnen, wo wir dem grausen Steingewirr jetzt entfliehen.

Mit dem letztangedeuteten Punkte berührt sich sehr eng die Frage nach dem Alter eines Karrenfeldes. Das Herausbilden der Karrenformen ist von den mannigfaltigsten Verhältnissen abhängig, vorwiegend von geologisch-orographischen und klimatischen. Da diese keine konstanten auf der Erdoberfläche sind, ergibt schon eine mehr allgemeinere Schlußfolgerung: eine nicht konstante Karrenbildung. Die Karrenbildung ist eine periodische. Natürlich hat man dabei nicht mit Perioden von je hundert Jahren zu rechnen, sondern nahezu mit geologischen Zeiträumen.

Diese Zeiträume ungefähr abzugrenzen, wird eine Aufgabe der Zukunft sein, nachdem gewissenhafteste zeitliche Beobachtungen über Veränderung des Karrenterrains vorliegen. Für heute müssen wir noch sagen, daß es ein vergebliches Bemühen ist, mit allerhand Exempeln über den chemischen und mechanischen Abtrag der Gesteinsmasse das Alter der Karren zu berechnen, wenn sie auch noch so viel Methode haben.

Das Rinnensystem der Karrenbildung schreitet nach der Tiefe fort, wenn die Klüfte nicht durch Geröll und neu sich bildende Gesteinsmassen verstopft werden. Das Fortschreiten nach der Tiefe hört aber vor allem auf, wenn der karrenbildende Kalk auf anders gefügtem Gestein lagert. Vielfach tritt es ein, bei den kleinen parallelen Nebenfurchen fast immer, daß die Spalten sich nach der Tiefe nicht recht entwickeln können. Das Steingefüge gibt da zu wenig Raum für neue Spalten und verschließt somit die Gelegenheit, die aufgelösten Stoffe durch die Kluftwässer wegzuführen, also die Gelegenheit zu einer wirksamen Denudation. Das Wasser stagniert dann in den Karrenfurchen, es bilden sich minimale Sümpfe, die auf tieferen Karrengeländen, die mehr von den Pflanzen eingenommen sind, größere grünende, fruchtbare, indes zumeist sumpfige Matten bilden. Wir erinnern nur an solche Moore an den Osthängen der Ifengruppe, wie überhaupt an die zwischen den einzelnen,

großen, mauerartigen Schrattenkalkzinnen. Zwischen den Oberen und Unteren Gottesackerwänden am Windeck befindet sich eine der höchst gelegenen Moorflächen in den nördlichen Kalkalpen, 1749 *m* über dem Meeresspiegel. Hieher gehört auch das Mirakel- oder Wunderbründl auf dem Steinernen Meere, dann der Urnerboden, im Süden von der Karrenalp im Linthtal, und andere Orte mehr. Vielfach würde man in diesen Mooren gar nicht den Karrenuntergrund vermuten, wenn nicht hervorragende Karrensteine zum Verräter würden.

Die kleinen Furchen, die wir auf eine sekundäre Rinnenbildung zurückführten und mit den Kannelüren an Säulenschaften verglichen, sind für die allgemeineren Schlußfolgerungen nicht weiter von Belang. Schreitet die Karrenbildung nach der Tiefe zu fort, dann berührt sie sich eng mit der Karstbildung, auf die ich noch zu reden komme. Die gewöhnliche Annahme, daß die Karrenbildung auf dem Boden der Rinne eine intensivere ist als auf dem Karrenfirst, ist nur für einzelne Fälle richtig, denn bei dem typischen Karren ist für den Karrenfirst wie für den Karrenboden eine gleich starke Modulationskraft anzunehmen. Ist eine Kalksteinspalte erst vorhanden, dann arbeiten die Verwitterungsmächte zu gleicher Zeit, aber mit verschiedener Wirkung den First und den Boden aus, der First wird zugeschärft, der Boden abgerundet. Dabei wird der Karrenfirst, weil er den mehr stoßenden, schleifenden und reibenden Erosionsfaktoren ausgesetzt ist, vor allem in Mitleidenschaft gezogen und in seinen Dimensionen verkleinert, während der Boden von den hier wirkenden Erosionsfaktoren mehr in größerer Ruhe nach der Breite und nach der Tiefe ausgeweitet wird; er hat ersterem gegenüber namentlich den Vorzug der längeren Befruchtung voraus und kann besonders bei fortgesetzter Spaltenbildung schneller als jener abgetragen werden.

Zwischen den beiden Erosionszentren am Karrenfirst und am Karrenboden liegt ein Gebiet an der Karrenwand, wo die Erosion lange nicht so intensiv wirkt; es ist ungefähr durch den mittleren Teil eines Karrens bezeichnet, der infolgedessen auch stärker ist. Also zwischen zwei Erosionsmaxima liegt ein Erosionsminimum. Es dürfte, wenn wir z. B. Fig. 58 ansehen, nicht unangebracht sein, den oberen Teil eines Karren mit Karrenkopf zu bezeichnen, der auf einem schwächeren Karrenhals sitzt. Durch die Verlegung eines Erosionsmaximums nach der Tiefe kommt es vor, daß Karrengrate abwittern und als Karrensteine den Boden der Furchen und Brunnen bedecken; oder bleiben wir bei unserem eben gebrauchten Bilde: durch die stetige Maximaltätigkeit der Erosion in der Tiefe wird der Karrenhals immer mehr zugeschnürt, bis er endlich den Karrenkopf nicht mehr zu tragen vermag und dieser dann abstürzt, umfällt als bloßer Karrenstein (Bilder 36, 37, 38 und 39 auf Taf. XVIII und XIX). Der Karrenstein liegt dann einzeln oder in größerer Anzahl in der Karrenkluft und wird zuletzt vom Humus mitbegraben. Die Karrensteine können jedoch auch durch direkte Abklüftung von dem Kalksteinlager abgespalten werden oder durch Zertrümmerung entstehen und bedecken dann entweder als horizontal gelagerte, mehr plattenförmige oder wulstige Kalksteinfragmente das Karrenfeld oder bilden einen wüsten Trümmerhaufen (Bild 5, Taf. III; Bild 10, Taf. V; Bild 15 und 16, Taf. VIII; Bild 19 und 20, Taf. X; Bild 21 und 22, Taf. XI).

Einzelne aus dem Humusboden herausragende Karrentrümmer haben oft an die Spülformen des Wassers gemahnt, mit denen sie wie die Karrenformen überhaupt neben dem Unterschiedlichen nur das gemeinsam haben, Übergangsformen bei der Zerstörung der Gebirge zu sein.

Wie die Figuren auf Seite 13 und die Bilder auf den Tafeln XVIII und XIX zur Genüge erkennen lassen, tragen die Karrensteine mehr das Launen-

hafte einer Formengebung an sich als das Gewaltsame und mehr Regelmäßige der Wasserwirkung, das wir an den Geröllsteinen eines Flußbettes, an den Schleifsteinen von Gletschertöpfen und an dem Hintergrunde und auf dem Boden eines Wasserfalles wahrnehmen. Daß die Karrensteine keine Geröllsteine sind, leuchtet auf den ersten Blick ein, denn diesen hat das Wasser eine gleichmäßig abgerundete Gestalt gegeben. Es liegt außerhalb der Grenzen einer mechanischen Wasserwirkung, solche Ansätze, Buckel, Furchen, Löcher, lang ausgezogene Spindeln u. s. w. zu schaffen, wie wir derlei Formen in den mannigfachsten Kombinationen bei den Karrensteinen bemerken. Durch die grundangebenden Faktoren und vorwiegend durch die sekundären sind die Formen des Karrensteins erklärbar, also nicht anders wie die ganze Formengebung eines Karrenfeldes.

Der Überblick über die Karrenformen ergibt als allgemeinen Typus der Karren: First mit anliegenden Furchen. In dieser Allgemeinheit der Typusbestimmung liegt zugleich die fast unendliche Mannigfaltigkeit von äußerer Linien- und Formengebung eines Karrenfeldes. Aus dieser Mannigfaltigkeit der Formen mit tausenderlei Übergängen lassen sich folgende Einzeltypen deutlich herauserkennen:

I. Karren mit breiten Firsten und mit Furchenböden, die sich als Spalten, als Karrenklüfte ins Gestein fortsetzen;
II. Karren mit scharfen Firsten und mit Furchenböden, die sich als Spalten ins Gestein fortsetzen;
III. Karren mit scharfen Firsten und ausgerundeten Furchenböden;
IV. Karren mit abgerundeten Firsten und ausgerundeten Furchenböden.

Den drei ersten Formentypen — vergesellschaftet oder einzeln vorkommend — begegnet man auf dem gesamten Gottesackerplateau, letzterer Typus ist mehr an die Ausläufer des Plattert nach der Tiefe zu gebannt (vergl. Bild 11 auf Taf. VI. mit den Bildern 23, 24, 25 auf Taf. XII). Diese und ähnliche an anderen Karrengebieten angestellten Beobachtungen führen zu der allgemeinen Regel: Runde, niedere Karrenformen sind ausschließlich auf die tieferen Stufen eines gebirgigen Terrains beschränkt, auf höheren Stufen mischen sie sich mit schärferen Formen und weiter nach obenhin hören sie auf, um nur den scharfen Formen, besonders den schroffen Firsten Platz zu machen. Diese Erwägungen geben uns ein Leitmotiv zur Aufstellung einer Metamorphose eines Karren vom allgemeinsten Typus. Denn was mit den verschiedenen Karren auf verschiedenen Terrainstufen zu einer Zeit geschieht, das geschieht mit ein- und demselben Karren auf ein- und derselben Terrainstufe in

Fig. 56.

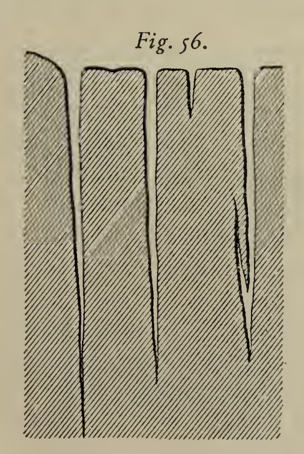


Fig. 57.

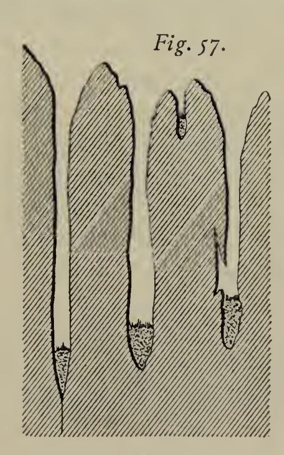
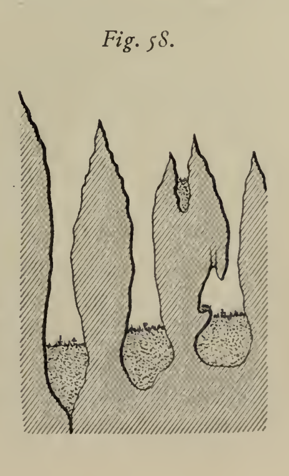


Fig. 58.



verschiedenen Zeiträumen. Die fünf zur Veranschaulichung unserer Aussage über die Entstehung eines ganz allgemeinen Karrentypus dienenden Figuren (Fig. 56—60 reden für sichselber, so daß ich mir weitere Erörterungen hierüber ersparen kann.

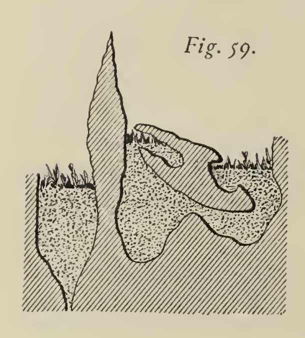


Fig. 59.

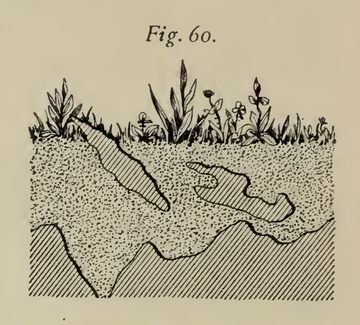


Fig. 60.

Nach all meinen Beobachtungen, Erwägungen und Vergleichungen definiere ich die Karren also: **Die Karren oder Schratten sind eine in verhälnismäßig reinem Kalkstein vorkommende typische Oberflächenerscheinung, die sich in Furchen und dazwischen liegenden Firsten äußert und deren Entstehung an die Inhomogenität und an die durch Gebirgsdruck entstandene Klüftungsfähigkeit des Kalksteins im allgemeinen und an die Wirkung der Atmosphärilien und pflanzlicher Organismen im besonderen gebunden ist.**

Es erübrigt mir, einzelne interessante Punkte noch zu erörtern, die ich schon hie und da berührt habe, wie z. B. Karrenform und Wasserspülform, Karren und Gletscher, Karren und Karst. Wohl zeigen die Karren oft eine oberflächliche Ähnlichkeit mit den Höhlen, Töpfen und Nischen eines Wasserfalls. Es ist in der Tat nur Täuschung. Durch Zufälligkeit allein kann hin und wieder eine Form entstehen, von der man sagen kann, daß sie die Gestalt eines Topfes oder der Nische eines Wasserfalls wiederhole. In der Regel herrscht auf einem Karrenfeld Ausschluß von Spülformen des Wassers. So sind die Riesenkessel fast ganz und gar ausgeschlossen; kleine Rieselkessel kommen zuweilen dort vor, wo ein Bächlein von einer Karrenrinne zur anderen hüpft. Den Spülformen eines Wasserfalls, die lediglich auf der mechanischen Erosionskraft des Wassers beruhen, fehlt das gesellige Nahegerücktsein der Formen eines Karrenfeldes, selbst dort, wo der Sturzbach sein Bett zeitweilig verschiebt. Auf dem Karrenfeld dominiert die Spaltenform, auf dem Gebiete der mechanischen Wasserwirkung die Becken- und Nischenform; dort ist bei aller Willkür der Einzelformen und ihrer Verteilung ein charakteristischer Zug zum Kontinuierlichen, hier von diesem keine Spur, dort die vielartigsten Erosionskräfte, die gleichzeitig in den verschiedensten Graden wirken, hier nur die Spuren einer stoßenden und leicht vom Ort verrückbaren Kraft, dort verschiedene Erosionszentren in verschiedener Höhe an einem Karren, hier nur ein nach der Tiefe zu wirkendes Erosionsmaximum.

Wie die Wirkungen des stürzenden Wassers, mit Ausnahme der Wirkung der niederstürzenden atmosphärischen Gewässer, so sind die des fließenden Wassers bei der Karrenbildung ausgeschlossen. Liegen die durch tektonische Wirkungen entstandenen, zum Teil durch sekundäre Gebilde, wie Kalkspat, wieder ausgefüllten Spalten des Kalksteinuntergrundes irgend eines Flußbettes in der Richtung des Wassergefälles, so zeigen sich Spülformen, die sich wesentlich von Karrenformen unterscheiden. Dieser auffällige Unterschied trat mir auf verschiedenen Strecken des Starzelachbettes entgegen. Die Beobachtungsstellen präsentierten einen sehr reinen Kalkstein, der sich zugleich bei der mikroskopischen Untersuchung als ein dichter, von Globigerinen reichlich erfüllter Kalkstein erwies (siehe S. 74). Die Spalten auf dem im August 1899 fast ausgetrockneten Bachbette waren verhältnismäßig wenig ausgewaschen und hatten einen Querschnitt (senkrecht zum Flußlauf), wie ihn Fig. 61 zeigt. Quer zu den Spalten verliefen kleine Spalten, die meistens so

eng waren, daß man kaum mit dem Federmesser hindurchfahren konnte. Sie sind auf alle Fälle auf Frostwirkungen und ungleichmäßige Erwärmung des Gesteins zurückzuführen. Ihren Querschnitt (parallel zum Flußlauf) will Fig. 62 wiedergeben.

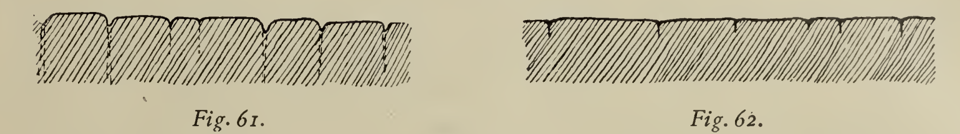
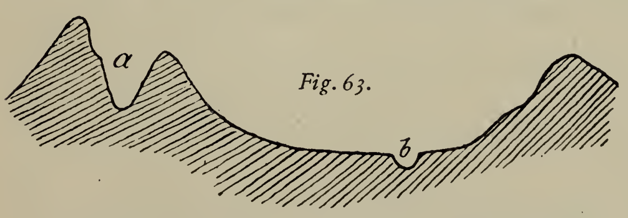


Fig. 61. *Fig. 62.*

Die mehr ursprünglichen Spalten in der Richtung des Wasserlaufes gingen durchschnittlich nicht über eine Breite von 2 *cm* hinaus, die Felsrücken zwischen den Spalten nicht über eine solche von 5 *cm*. Das Flußbett war durchschnittlich 10° geneigt; nur an wenigen Stellen zeigte mein Klinometer höhere Werte. Die ganze Erscheinung ließ mich den Schluß ziehen, daß das über den felsigen Untergrund des Bettes fließende Wasser einen gewissen gleichmäßigen Abtrag des Gesteins bewirkt, der in den Spalten nur um ein winziges beschleunigt erscheint. Sobald die Spalten zu eng sind, wie die durch Fig. 62 dargestellten querlaufenden Rillen, hat die darüber wegfließende Wassermasse keine genügenden Angriffspunkte, und Spalten und dazwischen liegendes Gestein werden gleichmäßig erodiert. Es können bei günstiger Neigung des Karrenterrains Rinnen von dem fließenden Wasser erzeugt werden, zumal wenn eine ursprüngliche Spalte der abfließenden Wassermenge entgegenkommt; sie stehen aber in keinem Verhältnis zur Größe der Karrenfurche. So beobachtet man im oberen Mahdtal in einer Karrenfurche, die man teilweise als Weg benutzt, ein kleines Bächlein, dessen ausgegrabenes Bett an Breite und Tiefe in ganz untergeordnetem Verhältnis zu den Dimensionen der Karrenfurche steht, wie dies der Querschnitt (Fig. 63) wiedergibt.

Untersuche ich den Einfluß des fallenden und des fließenden Wassers bei dem Karrenphänomen, so kann ich von diesem Punkt nicht scheiden, ohne noch der kombinierten Kraft beider Bewegungsäußerungen des Wassers gedacht zu haben. Diese Kombinationskraft macht sich namentlich in den Schmelzwässern der Gletscher geltend, die noch durch Reibematerialien unterstützt wird. Das Verhältnis der Gletscher zu den Karren muß etwas eingehender berücksichtigt werden, da man sie beide nicht bloß in lokale, sondern auch in ursächliche Beziehung zu einander gebracht hat.

Zwischen den Spalten und Klüften der Eismassen stürzt das Wasser auf den Boden des Gletschers und bringt daselbst die charakteristischen Formen hervor, die ein Abbild der in ihrer Gestaltung tätigen Wassermasse bieten. Es bilden sich rinnen- und brunnenartige Formen im Gestein, die man wohl als »karrenähnlich« bezeichnen darf, insofern sie aus abgerundeten Böden mit sie trennenden abgerundeten Rücken bestehen. Die Karrenfurchen sind indessen nicht durch die Gletscherschmelzwasser entstanden, denn sie sind zu gesetzmäßig parallel angeordnet und vergesellschaftet und haben bei einem Vertikalschnitt wechselnde Breite.



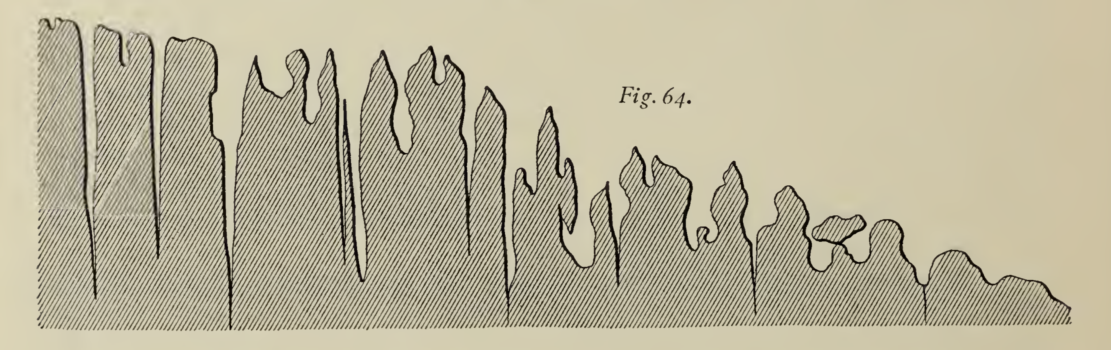
a) Karrenrinne. *b*) Wasserrinne auf dem Boden einer breiten Karrenrinne.

Mit nachstehender Figur geben wir einen Querschnitt eines Karrenfeldes wieder, wie er den tatsächlichen Verhältnissen eines so beschaffenen Terrains am

nächsten entspricht. In den Lehrbüchern von Richthofen, Supan, Brückner u. a. wird das Karrenprofil Heims wiedergegeben, das aber nicht die ganze Charakteristik eines Karrenterrains wiederspiegelt, sondern einen Bruchteil desselben. Ja, dieses Profil hat sogar zu Irrungen geführt. Die sich aneinanderreihenden runden Karrenbödenformen erinnern zu sehr an Spülformen von Wasser, und manche Forscher, die über dieses Problem nachdachten, mochten sich sagen, daß derartige regelmäßige runde Formen unmöglich durch die chemische Schnee- oder Wassererosion allein entstehen können. Und so kann uns der Schluß nicht wundernehmen, wenn man für die Entstehung dieser Gebilde eine über weite Flächen ausgebreitete diffuse Erosion annahm, deren Quelle in den Schmelzwässern mächtiger über das ganze Gebiet sich erstreckender Gletschermassen lag.

Daß aber Gletscher bei der typischen Karrenbildung ganz auszuschließen sind, beweisen die mitunter aus dem Boden einer großen Rinne aufragenden dünnen Platten, die infolge der mechanischen Erosion der Gletscherwässer nimmer stehen geblieben wären (vergl. Fig. 9, sowie die Photographien auf Taf. XVII).

Nur auf tieferen Stufen, wo eine breite Parallelfurchung der Karren, die aus dem Humusboden herausragen, selbst gut ausgebildete Becken zuweilen den Beob-


Fig. 64.

achter überraschen, wird sich manchmal die Frage schwer entscheiden lassen: Hat hier Gletscherwasser gewirkt oder nicht? — So erinnern die Karren auf der Weidetrift der Höfleralp, auf der linken Seite des Mahdtals am Ifenstock, mehr an Rinnen, die durch Gletscher entstanden sein könnten. Bestimmt ist es nur in einzelnen Fällen nachzuweisen, da in der langen Erdperiode, seitdem dieser Ort von Gletschern verlassen ist, die Gletscherschliffe sich verloren haben und ein eventueller Gletscherschutt und die Geröllsteine sich nicht mehr vorfinden oder nur vielleicht zu hoch von Erdablagerungen überdeckt sind. Das einzige Kriterium bei diesen zweifelhaften Karrenbildungen ist die Feststellung der Hauptrichtung der Karrenspalten. Verläuft diese im gleichen Sinne wie die als Hauptrichtung im oberen freien Karrenterrain festgelegte Kalksteinspaltung, dann kann man sicher sein, daß auch diese runden Karren der unteren Stufen in der Hauptsache auf dieselbe Entstehungsursache zurückzuführen sind wie die der höheren. Die Photographien 23 und 25 (Taf. XII) lassen die Parallelität der Karrengebilde auf niederen Stufen sehr gut erkennen. Diese Parallelität verläuft im Sinne der Hauptspaltenrichtung der Karren auf dem Gottesackerplattert von Ostsüdost nach Westnordwest. Das sind praeglaciale Karren. Die über sie hinabrutschenden Eismassen sind nicht ohne Einfluß auf ihre Abrundung geblieben. Die glattgeschliffenen, schrammendurchzogenen Oberflächen sind zwar durch die Einwirkung der Atmosphärilien wieder rauh geworden, zeigen aber doch nicht eine solche Rauheit wie die in vollster Entwicklung begriffenen Karren in den höheren Lagen. An manchen Karren im Mahdtale und an den Abhängen

nach dem Schwarzwassertal zu lassen sich Schrammenspuren nachweisen. Sind die Karrenhohlformen breit auseinandergezogen, verlaufen sie nicht im Sinne der Hauptrichtung, sondern höchst unregelmäßig, so ist die Annahme der mechanischen Wirkung schmelzenden Gletschereises sehr natürlich. Solche auf Gletscher zurückführenden Formen sind zumeist mit den anderen Formen gemischt (Bild 24, Taf. XII), zuweilen treten sie auch allein auf, wie z. B. bei den Keßleralpen und weiterhin im Hirschgunder Achtal nach Sibratsgfäll zu.

Die vornehmlich auf glaciale Ursachen zurückgehenden Karrengebilde verdienen aber nicht mehr den Namen Karren, wenn man daran festhält, mit Karren die Erosionsformen zu bezeichnen, die vom Volke zuerst als solche gekennzeichnet worden sind. Darum schlage ich im Interesse der Klärung des Meinungsunterschiedes über die Entstehung der Karren und in Anbetracht des Unterschiedes zwischen rein typischen Karren und glacialen Karren vor, letztere Gebilde überhaupt nicht mit »Karren« schlechthin zu bezeichnen, sondern sie einfach »karrenähnlich« zu nennen, besser »karrig«; denn letzterer Ausdruck behält das Wesen des Stammbegriffs bei, während mit ersterem eine wesentliche Abstufung einer Eigenschaft versinnlicht wird. **Karrige Gebilde** nenne ich die Rillen und Riefen an dem Kalkstein, an den Karrenwänden. Karrige Gebilde nenne ich die nicht zur typischen Entwicklung gekommenen Risse und Firste an Kalksteinblöcken und besonders die des Karstes. Karrig nenne ich die kurzen Spaltensysteme und die aus ihnen resultierenden Blockmeere. Karrig nenne ich die verwandten Erscheinungen im Dolomit. **Karrenähnliche Gebilde** können auch auf anderem Gestein sich finden, nicht bloß auf reinem Kalkstein. Karrenähnliche Formen wurden auf Sandstein beobachtet von Gutbier[1]), Hettner[2]) und Martonne[3]); im Urgestein von Bayberger[4]), Bauer[5]), Fugger[6]) und Vogt[7]); auf Schiefer von Senft[8]). Die Karren im Eis [Gümbel[9]), Penck[10]), Brückner[11]), Hans Meyer[12]), Sieger[13])] nenne ich nur karrenähnliche Gebilde[14]).

Fugger schlägt vor, die Karren mit abgerundeten Firsten als »eigentliche

---

[1]) Gutbier: Geognostische Skizzen aus der Sächsischen Schweiz. Leipzig 1858, S. 58—60.

[2]) Hettner: Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der Sächsischen Schweiz. Forschungen zur deutschen Landeskunde; herausgegeben von Kirchhoff. II. Bd., 1887, S. 293.

[3]) Martonne: Lapiez dans des Grès crétacés (Massiv du Bucegiu-Roumanie). Extrait du Bulletin de la Société Géologique de France. 3. série, tome XXVII, 1899, S. 28 ff.

[4]) Bayberger: Glacialspuren aus dem Böhmerwalde. Dr. Petermanns Mitteilungen. Ergänzungsheft Nr. 81, 1886/87, S. 13.

[5]) Bauer: Beiträge zur Geologie der Seychellen. Neues Jahrbuch, 1898, II. Bd., S. 192, 193.

[6]) Fugger: Die Hochseen. Mitteilungen der K. K. Geographischen Gesellschaft zu Wien 1896, Bd. XXXIX, S. 659.

[7]) Vogt: Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde. 4. Ausgabe, 1879, Braunschweig. I. Bd., S. 566, II. Bd., S. 190, 191.

[8]) Senft: Die Schöpfungen des Regenwassers. Ausland 1868, II. Bd., S. 1065, 1066.

[9]) Gümbel: Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha 1861, S. 541.

[10]) Penck: Morphologie der Erdoberfläche. I. Teil. Stuttgart 1894, S. 238, 388.

[11]) Brückner: Die feste Erdrinde und ihre Formen. Ein Abriß der allgemeinen Geologie und der Morphologie der Erdoberfläche. Prag, Wien, Leipzig, 1897, S. 205.

[12]) Meyer: Die Besteigung des Kilimandscharo. Dr. Petermanns Mitteilungen, 1890, S. 16.

[13]) Sieger: Karstformen der Gletscher. Geographische Zeitschrift, I. Bd., S. 196.

[14]) Recht instruktiv für den Vergleich der karrigen Gebilde mit karrenähnlichen ist die Photographie auf S. 543 in Ratzels vergleichender Erdkunde »Die Erde und das Leben« (I. Bd. 1901), durch die karrenartige Regenrinnen im Granit am Kap Larue auf den Seychellen veranschaulicht werden sollen.

Karren« und die mit scharfen Firsten als »Schratten« zu bezeichnen. Eine derartige Trennung in der wissenschaftlichen Sprache einzuführen, halte ich aus theoretischen und praktischen Gründen nicht für gut. (Vergl. Seite 26.) Höchstens könnte man noch scheiden zwischen »Karren« (rein typische Form) und »Glacialkarren« (verwischte Form). Die strenge Unterscheidung in »glaciale« und »postglaciale« oder in »praeglaciale« und »postglaciale« hat in Anbetracht des Wesens der Karren keinen Sinn. Besser wird es stets sein, von Karren und karrenähnlichen bez. karrigen Gebilden zu reden.

Die Wasserstrudel haben in der Gletscherregion ihre Heimat. Töpfe, Kessel, Brunnen, Schächte bezeichnen ihre Arbeitsstätte. Die ähnlichen Gebilde auf dem Gottesackerplattert zeigen nicht an den Karrenwänden jene an den Wänden der Gletscherbrunnen, -Schächte usw. mitunter sehr gut zu beobachtenden Spiralwindungen; hin und wieder hat es den Anschein, als ob man auf solche Formen stoße; sie sind aber sehr selten und dann meist unvollkommen, so daß man sich kaum getrauen darf, für sie die strudelnde Tätigkeit der Gletscherwässer verantwortlich zu machen. Auf Mahlsteine wie bei Gletschermühlen bin ich bei höchst beschwerlichen Untersuchungen des Untergrundes von vier Karrenbrunnen nicht gekommen. Die Wirkung der Gletscherwässer als Hilfskraft bei der Brunnenbildung kann man indessen auf alten Gletscherbetten nicht abweisen.

Öfters schon habe ich auf die großen Löcher, die Karrenbrunnen höherer Lagen hingewiesen, sodann auf solche niederer Stufen. Diese Karrenbrunnen liegen in der Abdachung nach dem Schwarzwasserbachtal, am oberen Rande des Kürenwaldes. Wenn die Hauptursache dieser Brunnen auch auf die Annahme weicherer Schichten und Texturstellen innerhalb des reinen harten Kalksteins zurückzuführen ist, so ist es immerhin möglich, daß bei vielen derartigen Gebilden neben der chemischen Erosion der Atmosphärilien die mechanische von Gletschersturzwässern mitgewirkt hat.

Ich spreche hier von Gletschern, ohne den Nachweis von alten Gletschern in meinem spezielleren Untersuchungsgebiet erbracht zu haben. Dieses Versäumnis sei hiermit nachgeholt. Die Ifengruppe liegt in dem interessanten, viel diskutierten und doch in mancher Beziehung noch immer strittigen Grenzgebiet des alten Rheingletschers einerseits und des Iller-Lech-Gletschers anderseits.[1]) Bevor ich etwas Positives zur Klärung dieses Punktes beitrage, will ich die Fundorte von Glacialspuren der Ifen-Gruppe feststellen. Die höchsten Gletscherspuren finden sich im Mahdtal bis 1530 *m* und 1550 *m*, ebenso hoch an der Ostseite des Gottesacker. Haben bei den hier befindlichen brunnenartigen Löchern Gletscher mitgewirkt, so reichen die Spuren bis über 1600 *m*. In dem Kessleralpgebiet reichen die Gletscherspuren bis 1500 *m*, wie fast durchgängig auf dem Westteil der Ifengruppe (Laublistal, Hochrubachgebiet). Weil diese Spuren zu sehr an karrige Bildungen geheftet sind, könnten sie noch strittig erscheinen, nicht aber die, die sich auf tieferen Stufen finden. Gekritzte Geschiebe entdeckt man im Schwarzwassertale bis über die Auenalpen hinaus, dann im Hörnle(Hörnles)-Bach, einem linken Nebenfluß der Breitach. Gekritztes Gestein findet sich fernerhin an den Ufern der Breitach, der Starzlach und der Hirschgunder-Ach, ebenso im Schönebachtal. Wichtig ist aber das Urgebirgsgeschiebe in den mächtigen Moränen, die sich am Ausgang der Starzlach nach dem Breitachtal und in diesem selber finden. In der Nähe von Tiefenbach und Kornau sind diese gewaltigen Moränen vielfach angeschnitten, ebenso findet man solche Moränenaufschlüsse weiterhin im Rohrmoosertale. Erratischen Blöcken begegnet man auch in dieser Gegend,

[1]) Penck: Die Vergletscherung der deutschen Alpen. Leipzig 1882, S. 80 ff. — Vergl. auch Gümbel: Geologie von Bayern. II. Bd. Geologische Beschreibung von Bayern. Cassel 1894, S. 319—322.

besonders auf der großen Wiese vor Tiefenbach, bei dem Weiler Kornau und im Rohrmooser- und Hirschgundertal. Ein mächtiger erratischer Block aus den Zentralalpen wurde gleich hinter der Walserschanze auf dem Wege nach Riezlern zu gefunden; man hat ihn gesprengt und seine Stücke zum Weg- und Brückenbau verwandt.[1])

Direkt von Süden können diese erratischen Blöcke nicht gekommen sein, denn man müßte ihnen auf jeden Fall bei einer Wanderung im Breitachtal nach Süden zu, nach dem Gentschelpaß, 1975 *m*, oder einer anderen südlichen Einsattelung begegnen. Aber nur Kalk- und Dolomitgeröll ist anzutreffen. Man nimmt wohl an, daß der Rheingletscher mit dem Lechgletscher (beziehentlich Illergletscher) bei Immenstadt in Verbindung stand und sich in großen Bogen südwärts wandte. Doch die beträchtliche Mächtigkeit des Glacialschuttes bei Kornau und Tiefenbach und das Vorkommen riesiger Findlinge scheinen mir nicht allein die Wirkung eines tatsächlich nicht gerade mächtigen Illergletschers und des bei Immenstadt umbiegenden und mehr von Norden her wirkenden Rheingletschers zu sein, sondern weisen direkt auf einen Eisstrom von Westen hin. Ich vermute, daß vom Bregenzertal aus sich ein mächtiger Teil des Rheingletschers über die Rücken des Vorderen Bregenzer Waldes bei Hittisau schob und durch das Hirschgundertal und Rohrmoosertal nach dem Breitachtal und weiterhin ins Illergebiet vordrang, also im Norden des Ifenstockes. Beim Eintritt in das Rohrmoosertal gabelte sich der Eisstrom, während der eine Teil im Rohrmoosertal den Weg der Starzlach verfolgte, drang der andere Teil über das Gebiet der Hörnlealpe in den Hörnlebach und staute den von Süden kommenden Gletscher des Breitach- und Schwarzwassertales zwischen Riezlern und Walserschanze. Die Eismasse der nördlichen Gabelung war die größere, sie ging über eine niedrigere Einsattelung hinweg. Für den Rohrmooser Strom war eine Höhe von 1120 *m* zu überwinden, für den Hörnlestrom eine von 1290 *m*, was in Anbetracht der Mächtigkeit des Rheingletschers in dieser Breitenlage als geringes Hindernis aufgefaßt werden muß. Die mächtigen Glacialschuttmassen und die erratischen Blöcke am Ausgange der Gabelung und ihres nächsten Gebietes bis nach Oberstdorf lassen mich dieses direkte westliche Eindringen des Rheingletschers ins Illergebiet wahrscheinlich erscheinen. Hoher Ifen, Gottesacker und Gottesackerwände ragten als Inseln in diesen Gletschermassen hervor. Es ist gar nicht ausgeschlossen, daß auch auf dem Gottesacker sich eine bedeutende Eismasse ausbreitete, wie überhaupt zwischen den einzelnen Terrassen des Ifenstockes; doch sind dies mehr Lokalgletscher gewesen und selbständige, kleinere Eismassen gegenüber dem kolossalen Rheingletscher. Ich habe trotz fleißigen Nachspürens nach Gletschergeröll der Zentralalpen auf dem Gottesacker nichts gefunden. Sollte allerdings noch einmal nachgewiesen werden, daß der alte Rheingletscher viel bedeutendere Mächtigkeit und innigeren Zusammenhang mit dem Lechgletscher im Allgäu gehabt hat, als wie man bis jetzt annimmt, dann ist er auch über das Gottesackerplattert hinweggegangen. Aber schon größere Eisansammlungen in loco und ihre Abschmelzungswässer genügten, um die Formen mit modellieren zu helfen, auf die ich oben hinwies. Die Eismasse auf dem Gottesacker war zugleich Verknüpfungspunkt der Gewässer des Rhein- und des Donaugebietes, geradeso wie es heute noch das Plateau an sich ist, während der andere Verknüpfungspunkt (jetzt am Mooser Haag) nach Osten zu ins Breitachtal gerückt war.

---

[1]) Pfeifer: Anregung und Anleitung für geistliche Herren zu wissenschaftlichen Beobachtungen in der Gegend ihres Aufenthaltes und auf Reisen. Theologisch-praktische Monatsschrift. Passau 1896. 6. Bd., 4. Heft, S. 250.

Im Laufe meiner Erörterungen hatte ich einige Male Gelegenheit genommen, auf das Karstphänomen hinzudeuten. Ein gewisses Verwandtschaftsverhältnis zwischen Karren und Karstphänomen läßt sich feststellen und begründen.[1]) Da man auch das Karstphänomen in neuester Zeit vorwiegend als eine reine Oberflächenerscheinung hingestellt hat, läßt dies schon vermuten, daß zwischen beiden Erscheinungen Beziehungen statthaben müssen. Und in der Tat, beide Bildungen sind durchaus nicht so absolut unabhängig, wie man sie von vielen Seiten aufzufassen gewohnt ist; es fehlt beiden nicht der kausale Zusammenhang, sie sind nur die verschiedenen Endpunkte ein und derselben genetischen Reihe. Liegt allerdings ein nicht sehr mächtiges Kalklager auf einem tonigen oder mergeligen Untergrund, so geht nach den bekannten Bedingungen eine Karrenbildung vor sich. Ist dagegen der Kalkstein in mächtigen Schichten abgelagert, dann kann an der Oberfläche die Karrenbildung für sich allein oder die Karstbildung ebenso für sich allein stattfinden, oder beide Bildungen können auch zu gleicher Zeit vor sich gehen. Beide Erscheinungen haben vor allem das Gemeinsame, daß sie vergesellschaftet auftreten, daß sie an einen verhältnismäßig reinen Kalkstein gebunden sind, wie an die ihn allgemein durchquerenden Spalten, die die aerische wie subaerische Erosion sehr begünstigen.

Die Entstehung von Karrentrichtern hat viel Ähnliches mit den Dolinen. Wie diese können jene durch Einbrüche entstehen (Bild 13, Taf. VII), am meisten jedoch durch chemische Erosion des Kalksteins, die die Auflösungsteilchen durch die Vertikalklüfte wegführt und das Gestein an der Trichterstelle völlig mürbe macht. Die Spalten werden späterhin verstopft und die Zersetzungsprodukte sodann auf dem Boden des Trichters oder der Doline angesammelt. Der Verwandtschaftsgrad zwischen beiden Phänomenen ist nach dieser Richtung so eng, daß beide zuletzt nicht mehr voneinander zu trennen sind, daß man größere Karrentrichter direkt als Dolinen bezeichnen kann (Bild 9, Taf. V). Diese Übergänge und das Aufgehen der einen Form in die andere habe ich besonders gut auf dem Plateau des Hinterkaiser bei Kufstein beobachtet. Dabei wolle man aber stets bedenken, daß die Dolinenbildung nur an die plateauartige Ausbreitung des Terrains gebunden ist, auf steilen Böschungen dagegen nicht vorkommen kann, während die Karren auf jedmöglich geneigten Geländen entstehen können, am besten jedoch auch auf Plateaus. Wohl ist der Kalkstein, der besonders Dolinenbildung aufweist, durch Gebirgsdruck tektonisch beeinflußt worden, aber er besitzt nicht die charakteristischen Torsions- und Erosionserscheinungen, die für ein typisches Karrenfeld maßgebend sind.

Poljenformen, Wannenformen trifft man auch auf dem Gottesackerplateau an; ein Blick auf die Karte belehrt schon hierüber. Allgemein und kurz kann man den Verwandtschaftsgrad zwischen beiden Phänomina so ausdrücken: Die Karrenbildung kann zur Karstbildung hinüberleiten, nicht aber umgekehrt. Will man das Karstphänomen auch nur als Oberflächengebilde auffassen, so läßt sich doch nicht wegstreiten, daß es von anders wirkenden tektonischen Verhältnissen und noch mehr von der chemischen und mechanischen Kraft des Wassers abhängig ist als die Karrenerscheinung. Einzelne Karstbildungen werden durch die Erosion

---

[1]) Neben den mehr allgemeinen geographisch-physikalischen Handbüchern vergl. man hierüber besonders: Hassert: Beiträge zur physischen Geographie von Montenegro mit besonderer Berücksichtigung des Karstes. Dr. Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft Nr. 115, 1895, S. 78—81. — Außerdem vergl. die einschlägigen Abschnitte in Cvijić: Das Karstphänomen. Geographische Abhandlungen, herausgegeben von A. Penck, 1893, Bd. V, Heft 3. — Sodann Ratzel: Die Erde und das Leben. Eine vergleichende Erdkunde. 1901, Bd. I, S. 544—548.

der unterirdischen Wasserläufe und durch unterirdische Höhlenbildungen, die in Karrenfeldgebieten zwar auch vorkommen können, aber nicht zu deren Bildung beitragen, modifiziert; dagegen ist die Menge der Modifikationsfaktoren der Karren für eine Karstbildung nicht notwendig. Darum kann die Karstbildung fast in jeder Höhe gleich gut zur Entwicklung kommen, während die Karrenbildung weniger gut in jeder Höhe vor sich geht. Doch erhält die Karstbildung auch eine Einschränkung, insofern man nachzuweisen versucht hat, daß ihre Gebiete intensiver Entwicklung in die Zone mit periodischem Regenfall gehören.

Zurückblickend sehen wir in dem Karren- oder Schrattenfeld eine Oberflächenerscheinung in den Kalkgebirgen, die infolge ihrer Formen und ihres Auftretens auf das Recht, als besonderer Typus zu gelten, Anspruch erhebt. Die vorliegenden Untersuchungen über das Gottesackerplateau ergeben deutlich und bestimmt, daß die Karrenfelder durchaus nicht den Wüsten gleichen, als die man sie gewöhnlich hinzustellen versucht hat, daß die Lebenspulse der Erde auch diese scheinbaren Einöden in regelmäßigen Schlägen durchzittern, daß hier ein stillgeschäftiges Treiben arbeitet, kaum erkennbar, aber stetig. Ferner geht aus meinen Erörterungen hervor, daß die Karrenfelder zu Beobachtungen, die sich auf die räumlichen und zeitlichen Veränderungen des Festen, auf das allmähliche Verebnen der Erdoberfläche beziehen, recht gut geeignet sind. Wenn man gewöhnlich glaubte, daß es genüge, das ganze Problem mit ein paar Worten abzutun, so hat man darin sehr geirrt; denn in dem Karrenphänomen tritt uns ein höchst kompliziertes, alpines Problem entgegen, dessen Formen ebenso kompliziert sind wie die die Formen bewirkenden Ursachen. Indem ich mich bemühte, diese Kompliziertheit erst nachzuweisen, aufzuschließen und dann zu erklären, hoffe ich, daß es mir gelungen ist, noch fragliche Punkte des Karrenproblems aufgehellt zu haben und zur völligen Klarheit über das gesamte Oberflächenphänomen vorgedrungen zu sein. Doch den Wert eines solchen Ergebnisses erblicke ich weniger in seiner Darlegung als vielmehr in einer Anregung zu Studien für die geographischen, geophysischen, geologischen, klimatologischen und biologischen Disziplinen und zuletzt auch für die Kartographie.

Sachregister:

Aenos 31
Aix 38
Aka 62
Albien 4
Allgäuer Alpen 1, 70
— Jungfrau 1
— Matterhorn 1
Älpelealp 71
Alpwirtschaft 23
Apennin 25
Analysen von karrenbildenden Kalksteinen 73, 74
Anätzung (dch. Lichenen) 21, 86
Aneroid 59
Arve (Arbe) 20
Auenalpe 3, 6, 100

Bärenkopf 4, 20
Bayer 23, 24
Beckenform 96
Befeuchtungshorizont . . 89
Beinlandl 26
Berchtesgadener Alpen . 58, 84
Berrîet el-hadschar . . . 26
Bestlesgund-Alpe . . . 3, 71
Bifurkation 18
Birkwild 22
Blatteindrücke 88
Blütenpflanzen . . 20, 85, 90
Bodensee 81
— -Rheingebiet (Wasserscheide) 18
Bodenwasser 47
Bregenzertal 101
— -wald 1, 101
— -wäldler 23, 24
Breitach 100
— -tal 23, 101, 102
Brentagruppe 31
Bucegiu-Roumanie (Massiv du) 32, 53
Bühel (Bühl) 6, 8, 58
Burgunder 23

Calciumcarbonat 74
Caprotinenkalk 2, 71
Cellulose 92
Christlesee 1
Ciselures 56
Cretacëisches Gestein . 2, 70
Crevasses 56
Crinoidenkalk 55
Cuchillas 80

Dachsteinkalk 55
Dachstein (-massiv) . 7, 30, 43, 61, 62
Definition der Karren . . 96
Denudation . . . 77, 78, 93
Désert 26
Désert de Platé 56
Detritus (Humus) 91
Diaklases 56
Didamskopf 63
Dislokation 71
Dolinen 48, 50, 102
Döllen, Am Hohen . 3, 7, 64
Dolomit 49, 50, 74, 86, 99, 101
Druckkraft der Hyphen . 85
Druckwirkungen, tekton. . 80

Eck 8, 58
Einbruchsspalten . . 8, 64, 72
Eis 80, 82, 84
Eisenkies 39
— -oxyd 74
— -oxydul 74
Elterlein 53, 61
Engenkopf 2, 71
Entlibuch (Entlebuch) . 35, 36
Eocänkalk 52
Erdbeben 72
— -pyramiden 75
Erosion 38, 80, 94
— aerische 102
— chemische 35, 37, 38, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 55, 56, 70, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 92, 100
— mechanische 35, 38, 42, 43, 47, 48, 49, 50, 55, 70, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 94, 95, 96, 98, 99, 100
— subaerische 102
— durch Atmosphärilien 73, 79, 87, 96, 100
— durch Humus 92
— durch organische Substanzen 73, 79, 96
Erosion durch Wurzeln . 85, 86, 90
— -maximum 94
— -minimum 94
— -zentren 94
Erratische Blöcke 101
Erwärmung des Gesteins . 73
Erzgebirge 32, 53
Erzgundersee 1

Farbenplastik 66
Färbung des Kalksteins 79, 87
Fellhorn 1, 4
Ferwallgruppe (Karte) . . 59
Firnflecke 16, 65, 81, 82, 84, 89
Firngrenze 70
Fischen 4
Flechten 21, 79, 85, 86, 87, 88
Flyschberge 1
Föhn 19
Foraminiferen . . . 2, 74, 78
Freibergsee 1
Frost 80, 97

Galtvieh 22
— -grünsandstein . . 2, 4, 71
— -riffstein 71
Gatter, Im Hinteren . . . 3
— -alpe 3
— -kopf 2, 3, 71
— -schwangalpe . . . 3, 71
— -schwangtal 71
— -tobel 3, 71
Gebirgsdruck 96
Gekruste 21, 85, 92
Geländedarstellung . . . 57
Gemmi 27, 34, 35, 36
Gemstelluft 19
Gentschelpass 101
Geschichte des Karrenproblems:
I. Periode 1700—1780 34—35
II. „ 1780—1830 35—37
III. „ 1830—1870 37—42
IV. „ 1870 bis zur Gegenwart . . . 43—56
Gjaidkopf 30, 84
Glacialkarren 100
— -riesentöpfe 46
Glaukonit 74

Gletscher 22, 45, 48, 82, 84, 101
— als Karrenbildner 38, 41, 42 43, 45, 48, 49, 51, 52, 56, 70, 84, 97—99, 100
— -brunnen 100
— -mühlen 100
— -schächte 100
— -schliff 45, 98
— -spuren im Ifengebiet 100, 101
Globigerina 74, 96
Gottesackeralpe . 3, 4, 5, 6, 17 22, 23, 59, 64, 72
— -alphaus 17, 19
— -loch 3, 4, 5, 6, 8, 22, 64
— -plateau (Gottesacker-plattert, Gottesacker) . 1, 3 4, 5, 6, 12, 16, 17, 18, 19 20, 22, 23, 24, 63, 64, 65 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73 75, 77, 79, 84, 87, 95, 98 100, 101, 102, 103
— -wände, Obere 2, 3, 4, 5, 6 20, 24, 60, 63, 70, 71, 94, 101
— -wände, Unt. 2, 3, 71, 94, 101
Grafen Kürenalpe . . . 3, 60
Granit 38
Greenkalk 39
Grüntenstock 1
Gutwetterluft 19

Hagel 80, 92
Hahnenkopf 3, 5, 64
Hermsdorf 53
Herzegovina 31
Heuberg 63
Hinterkaiser . . . 29, 30, 73
Hirscheck 3
— -egg 19
— -gunderach 100
— -gunderalpe 3
— -gundertal 3, 23, 99, 101
— -wiese 30, 84
Hittisau 101
Hochalpe 3
Hochrubach 3, 100
— -alpe 5, 6, 8, 22, 23, 59, 64
Hochvogel 1, 63
Höfleralpe 71, 98
Hölloch 3, 11, 18
Homogenität des Kalk-gesteins 56
Hörnle 3
— -alpe 101
— -bach 100, 101
— -gletscherstrom . . . 101
Huminsäure 88, 91
Humus 5, 10, 12, 14, 17, 19 21, 25, 30, 43. 48, 78, 80 84, 88, 89, 90, 91—93
Humussäuren 91
Hyphen 85, 86, 87

Ifen, Hoher 2, 3, 4, 6, 16, 22 58, 61, 63, 65, 70, 71, 73 74, 77, 82, 101
— -alpe . . . 3, 6, 23, 24, 59
— -fluh 3
— -gebiet 28, 71
— -gipfel 4, 5, 18, 22, 24, 63
— -gruppe 2, 3, 4, 67, 70, 71 73, 77, 87, 93, 100
— -loch 77
— -plateau 4
— -platte (Ifenplatzl) 3, 5, 6, 8, 9 12, 16, 20, 64, 72, 74, 79, 87
— -stock 2, 98, 101
— -tobel (Tiefer Ifen) 2, 3, 4 6, 16, 18, 64
Iller 1, 2
— -Donau-Flußgebiet . . 18
— -Lech-Gletscher . 100, 101
Immenstadt 4, 101
— (A. V. S.) 64, 68
Inhomogenität des Kalk-steins . 53, 54, 73, 74, 75 79, 80, 96
Inoceramenkalk 2
— -mergel 2, 71
Isohypsenkonstruktion . . 67
Istrien 32
Ithaka 32, 52

Jura 25
— -karren . . 31, 42, 49, 55

Kackenköpfe 2, 71
Kaisergebirge 16, 29, 30, 63 73, 76, 86, 102
Kalkspat 39, 40, 61, 74, 75, 76 77, 82, 96
— -spattrümer 76, 77
— -stein, rein 50, 52, 53, 55 74, 76, 80, 96
— -unrein 52
— -inhomogenität . . 53, 54
— -kissen 73
— -polster 73
— -säcke 73
— -wulste 73
Kar 2, 26
Karren (Namen) 26
— 25, 45, 46, 50, 51, 54, 55 96, 100
— (Verbreitung v. Karren und karrenähnlicher Gebilde) . . . . . 25—32
in den Schweizer Alpen 27, 28
in der Provence . . 28
in den deutschen und österreich. Alpen (Ifenstock und Umgebung, Wetterstein-gebirge, Schwangauer Gebirge, Vilser Berg, Karwendel, Steinernes Meer, Untersberg, Dachstein, Tote Gebirge, Prielstock, Tennengebirge, südtiroler Alpen) 28, 29, 30
Karren in Rumänien . . 31
im Karst 31
im Jura . 31, 42, 49, 55
im Peloponnes . . 31, 32
in Istrien 32
in den Pyrenäen . . 32
in Sizilien 32
in Norwegen . . . 32
im Erzgebirge . . . 32
in der Sächsischen Schweiz 32
im Libanon 32
in Mexiko 32
in Nordamerika . . 32
in Indien 32
in Jamaika 32
in Yukatan 32
in Kuba 32, 80
— postglacial . . 45, 56, 100
— praeglacial 45, 56, 98, 100
— tote 46, 55
— und Gletscher . 45, 70, 96 97, 98, 99, 100
— und Karst 50, 51, 52, 96 102, 103
— und Pflanzenwelt . 19—21 46, 47, 50, 55
— und Tierwelt . . . 21—23
— -alp 27, 94
— -ähnlich 99
— -ähnliche Bildungen auf Firnschnee 16, 17
— — im Eis 39, 99
— -ausbuchtungen in den Karrenwänden . . . 10
— -becken 90
— -berg . . 17, 18, 72, 78
— -bild . . . . 61—63
— -bildung, periodisch . 93
— -blätter 11
— -blöcke 4, 6, 14, 45, 73, 79 80, 86
— -böden . 12, 80, 94, 95, 98
— -brunnen 5, 11, 55, 64, 65 79, 100
— -definition 96
— -entstehungs-Märchen 33, 34
— -feld 4, 6, 7, 17, 19, 20, 25 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54 55, 61, 67, 72, 73, 76, 80 81, 82, 84, 92, 93, 94, 96 102, 103

Karrenfeld, versteinert . . 55
— -quellenlosigkeit . . . 17
— -wassertümpel . . . 17
— -first (-grat) 12, 64, 80, 81 82, 83, 85, 86, 87, 90, 92 94, 95, 96
— -formen (-typen) . . . 96
— nach Keller . . . . 39—41
— litorale 32, 52
— primäre . . . 8—15, 80
— sekundäre . . 15—16, 80
— -furchen . . . 90, 96, 97
— -hals 94
— -hauptspalten (-grundspalten) . . 8, 56, 64, 80
— -höcker 93
— -höhenzone 46, 48, 50, 52 53, 55, 69, 79, 95, 103
— -hügel 19, 20, 84
— -kalk 72
— -kannelierung . . . 15, 94
— -kannelüren, dorisch 16, 82, 84
— jonisch, korinthisch 16, 84
— -karte . . . . 56, 57—64
— -klüfte 95
— -kopf 94
— -landschaft 7, 25, 49, 50, 64
— -löcher 10, 64, 65, 77, 78, 80
— -Metamorphose . . . 95
— -moore 93, 94
— -neben(-quer)spalten 9, 56 64, 80
— -phänomen . . 36, 69, 103
— -platten 79, 80, 81, 87, 89, 92
— -profil 97
— -quellen . . . 17, 18, 36
— -riefelung (-riffelg.) 15, 82, 83
— -rinnen . 48, 50, 79, 80, 83 84, 91, 96, 98
— ihr Alter 47, 93
— -rinnenneigung 15, 16, 41 47, 54, 84
— -risse 5
— -röhre 10, 48, 78
— -schlotten 46
— -schrofen 91
— -schüsseln 10, 48
— -spalten 98
— -steine 4, 12, 13, 14, 49, 50 73, 76, 77, 81, 90, 92, 94, 95
— -trichter . . . 11, 48, 79
— -trichter und Dolinen . 102
— -typen . . 39, 40, 41, 95
— -wände 82, 85, 87, 90, 99
Karrig 45, 99
Karst 25, 63, 96, 99, 102, 103
— -bildung 94
— -karren 50, 51, 52
— -phänomen . . 50, 54, 102
— -trichter 51, 52
Kartographie, alpine . . 56
Kephallenia 31
Kessellöcher . . . 3, 6, 8, 64
Kessleralpe . . . 71, 99, 100
— -wand 3
Kiesel 40, 82
Kieselsäure 74
Kirchet 42
Kissen 73
Klima des Ifengebietes . 19
Kljuc-Petrovac-Kulen-Vakuf 31
Kluftkarren 48
Klüftungsfähigkeit . . . 96
Kochthermometer . . . 59
Kohlensäure 46, 54, 81, 82, 83 84, 86, 87, 90
Kompression 56
Kornau 101
Korrosion 90
Kreidekalk 52
Kreuzgewölbe, geolog. 2, 70
Krustenflechten 21, 85
Küraluft 19
Kürenalpe (Schneiders-) 20, 22, 23
— -wald . . . 3, 5, 19, 100

Langenwang 4
Längentäler 8
Lapias (Lapies, Lapiez) 26, 53, 54
Laublisbach 3, 5, 18
— -tal 100
Lauche 20, 61
Lechgletscher 101
Legföhren 20
Leisine (Lesine) . . . 26
Liappey 26
Libanon 32, 52
Linthtal 7, 57, 94
Litorale Karrenformen . 32, 52
Loch, Am 6
Lohmoos-Alpe 3
Lützenschwand 18

Mädelegabel 1
Magnesiumkarbonat . . . 74
Mahdtal (Mahderalpental) 11, 18 71, 73, 74, 76, 97, 98, 100
— -taleralpe 3, 23
— -luft 19
Maria Theresia-Schutzhaus 52
Meirûbah 62
Melch Öde 3, 4
Melkvieh 22, 23
Metamorphose der Karren 95
Mikroskopische Untersuchung karrenbildender Kalksteine . . . 74, 76
Mirakelbründl 94
Mittelberg (-tal) 4, 18, 19, 23, 72
Modifikationsfaktoren . . 80
Montenegro 31, 51
Moore 93, 94
Moos . 21, 78, 85, 88, 89—90
— und Schnee 89, 90
Mooser Hag . . . 3, 18, 102
Moränen 101

Naunspitze 16, 74
Nebel 80, 81
Neocom . . . 2, 4, 20, 71, 72
Nischenform 96

Oberstdorf . . . 4, 63, 101
Oolith 2
Orbitulinenkalk . . . 2, 4, 71
Orgeln, geologische . . 78

Pellingerköpfl 3
Peloponnes 31, 51
Pflanzenarten in Karrenfeldgebieten 20, 21
Pflanzenerosion . . 46, 50, 80 85—91
Pföhn 19
Photogrammetrie 67
Photographieren v. Landschaften . . . 59, 60, 62
Phyterosion 90, 92
Plattert (Plattei, Platte) . 26
Politische Grenze auf dem Gottesacker 24
Poljenformen 102
Polster im Kalkgestein . 73
Polusbach 3, 24
Postglaciale Karren . . 45, 56
Praeglaciale Karren . . 45, 56
Prielstock 43

Quarz 74, 75
Quarzitschiefer 38
Quellen 17, 18, 36
Querspalten 9

Râcles 26
Rappenalpsee 2
Regenerosion 40, 41, 44, 45 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54 55, 70, 80, 81, 82, 83, 84, 86
Registrierkarte 68
Reif 81, 82
Rheingletscher . . . 100, 101
Rhizoiden 85
Riemannhaus 58, 74
Rieselkessel 96
Riesenkessel 96
Riezlern . . . 4, 19, 60, 101
— -alpe 4
Rippelmarken 82
Rohrmoos 19
Rohrmooser-Gletscherstrom 101
— -tal . . . 3, 19, 23, 101
Roßkopf 3
Rüdersdorf 54

Sächsische Schweiz . . 32, 53
Säcke (im Kalkgestein) . 73
Salève 27, 35
Sandstein 32, 53, 99
Sankt Gallen 23
Säntis 1, 27, 54
Schafalpen . . 3, 5, 6, 22, 64
Scharlinger Boden . . 30, 86
Scharte 3, 18, 24, 63
Schattenplastik 66
Schiefer 38, 99
Schlappolt 1
Schnee . . . 80, 81, 82, 89
— und Moos 89, 90
— -flecken 85, 89
— -erosion 34, 36, 37, 39, 43
44, 45, 46, 47, 48, 49, 50
53, 70, 80, 82, 84
— -grenze . . 46, 48, 50, 70
Schneiders Kürenalpe . 20, 22
Schönebachtal . . 3, 23, 100
Schönfeldspitze 63
Schratten (Namen) . . 26, 33
— 96, 100
— -berg 26
— -fluh 27, 35
— -kalk 4, 70, 71, 72, 74, 76
79, 80, 94
Schrine 3
Schüpfen(heim) 35
Schwaben 24
Schwabluft 19
Schwänd bei Riezlern . . 19
Schwangauer Gebirge . . 26
Schwarzwasserbachtal 3, 5, 23
71, 99, 100, 101
Seealpe 3, 23
Seealpen 63
Seealpsee 1
Seewenkalk 2, 4, 71
Seewenmergel . 2, 4, 20, 71
Sibratsgefäll 71, 99
— -gefäller Achtal . . . 71
Silbern 7, 27, 58
Söfenschrofenspitz . . . 3
Söllereck 1
Spaltenform 96
Spitzeck 5, 6, 23
Spülformen . . . 94, 95, 96
Starzelache . . 74, 100, 101
— -bett 96
— -schlucht 2
Starzelluft 19
Steinernes Meer 7, 26, 30, 61
63, 73, 74, 82, 94
Steinwaben 10
— -wüsten 26
Stickerei 23
Stripsenkopf 76
Strudellöcher,- schächte 49, 54
Subcretacëische Schichten 2
Sulzfluh 27, 63
Synklases 56
Tau 81
Taubensee 34
Temperaturschwankg. auf
d. Karrenfeld 81
Tennengebirge . . . 7, 30, 52
Tiefenbach 101
Tiere (in Karrenfeldern) . 21
Tonerde 38
— -mergel 54
Toreck 3, 18, 71
Torkopf 3, 5, 71
Topographisches Bureau
zu München . . . 58, 59
Torsion 56, 72, 73
Toten Gebirge . 7, 30, 52, 53
Treffauer Kaiser . 29, 73, 82
Trettachspitze 1, 63
Triglav 52
Trisselwand 52, 53
Übergossene Alm . . 48, 58
Untersberg . . . 30, 52, 61
Unterkreide 71
Urgebirgsgeschiebe . 100, 101
Urgestein 99
Urnerboden 94
Vegetationsgrenze . . . 93
Velebit 31
Vernagtgletscher (Karte) . 57
Versteinerungen 39, 41, 74, 82
Vilsalpsee 1
Vilser Berge 26
Vorarlberg 70
Wallis 23
Walser 19, 23, 24
— -schanze 2, 4, 101
— -tal (kleines) 4, 23
Wannenformen 102
Wasserfalltöpfe 96
— -nischen 96
Wasserscheide i. Ifengebiet 18
Wasserspülformen 94, 95, 96
Widderstein 63
Wiesalpe 62
Wildalm 30, 58
Windeck 71, 94
Winderosion . 53, 80, 82, 83
Wulste 73
Wunderbründl 94
Wurzelerosion . . 85, 86, 90
Zugspitze (Karte) 57
Züricher Neujahrsblatt . 39, 44
Zwingsteg 2

Namenregister

(Auch für die Anmerkungen):

Agassiz . . 26, 27, 31, 41, 42
Ammon 31
Asp 55
Bachmann 88
Baltzer 25, 27
Bargmann 29
Barth 2, 30
Bauer 99
Bayberger 99
Beche, De la 37
Beck 32
Becker . . . 27, 45, 57, 59
Berlepsch 31, 39
Bezold 30
Blümcke 57
Boblaye 32, 38
Borde, De la 27, 35
Boué 31, 38
Bourgeat 55
Briquet 27
Brückner . . 46, 55, 98, 99
Chaix . . . 27, 56, 58, 60, 61
63, 72
Charpentier . . . 26, 27, 38
Christ 21, 27, 46, 88
Crammer 30, 48
Credner . . . 53, 54, 58, 62
Cvijić 31, 32, 50, 102
Czapek 90
Daubrée 56, 58
Desor 38, 41, 42

Diener . . . 32, 52, 53, 62
Duparc 55, 58, 72

Ebel 27, 36
Eckert 25, 33, 90
Escher, A. 37
— C. 26, 36

Favre 48
Fehlinger 50
Felix 32, 53
Fink 4, 19, 23, 72
Finsterwalder . . 57, 66, 67
Fraas 54
Frey 30
Fritsch 54
Fugger 26, 30, 47, 51, 54, 61, 81, 99

Gäbert 61
Geyer 53
Gremblich 47
Grimm 26
Gruber 28
Gümbel . 1, 4, 6, 18, 28, 30, 39, 51, 61, 71, 99, 100
Günther . . . 47, 54, 55, 61
Gutbier 32, 53, 99
Guyot 41, 42

Haas 62
Haidinger 2, 43
Hassert 31, 32, 51, 52, 63, 102
Heer 27, 36, 37
Heim . 27, 32, 37, 44, 46, 50, 51, 53, 54, 61, 81, 98
Heinle 63
Hess, Hans 57
— Heinrich 14
Hettner . . . 32, 53, 66, 99
Hilber 52
Hirz 32, 51
Hirzel-Escher 8, 18, 27, 36, 39
Hochstetter 54
Hoff 37
Hohenadel 19, 22

Jaccard 49

Karsten 30
Keil 30
Keller 27, 36, 38, 39, 41, 47 61, 83
Kerner 85, 88, 90
Kettler 43
Kirchhoff 49
Klengel 29
Klenze 4, 19, 23, 72
Kohl 42

Lapparent 55
Lenk 32, 53
Lind 88, 90
Lipold 30
Lyell 37

Mader 28, 63
Martel 55
Martonne . . 31, 32, 53, 99
März 29
Meyer 99
Miyoshi 85
Mojsisovics . . . 31, 41, 51
Mousson 27

Neumann 54
Neumayr 54
Noeggerath 37

Oberhummer 57
Obermair 59, 60

Partsch 31, 32, 52
Paul 19, 22, 60, 65
Penck 30, 31, 32, 47, 48, 99, 100, 102
Petermann 70
Peucker 66
Pfeffer 85
Pfeifer 101
Philippson 31, 51, 83

Ratzel 24, 25, 26, 28, 31, 32, 47, 49, 50, 58, 62, 64, 99, 102
Ravenstein 4
Renevier 27, 48
Richter . . 1, 48, 57, 58, 63
Richthofen . 45, 52, 61, 98
Rollier 55
Rothpletz 28, 46
Royer, Le 55, 58, 72
Rudolph 54
Rütimeyer . . 32, 46, 88, 90

Sadebeck 53, 54
Sauer 32, 53, 61
Saussure 27, 35
Schardt 31, 45
Schaubach 38
Scheuchzer . . . 27, 34, 35
Schlagintweit 37, 81
Schmidl 38
Schnyder (Schneider) v. Wartensee 22, 26, 27, 35
Schönbach 27
Schulz 31
Schumacher 91
Schwaiger 29
Sendtner 1
Senft 54, 91, 99
Sieger 54, 99
Siegfried 57
Simon 59, 67
Simony 2, 26, 30, 43, 44, 47, 49, 51, 60, 61, 62, 83
Simonys Karrenbilder . . 62
Sonklar 54
Spiehler 1
Stache 32, 52
Stalder 36
Stöcker 16, 63
Studer, B. . . 27, 36, 38, 61
Studer, S. 36
Supan . . . 2, 54, 61, 83, 98

Tietze 41, 51
Tschudi 18, 22, 27, 31, 39, 75

Ule 55
Umlauft 39, 62

Virchow 53
Vogt, C. 61, 99
— J. H. L. 32, 34

Wagner 54, 55
Wallroth 88
Waltenberger 1, 2, 4, 5, 7, 8, 12, 14, 20, 28, 47, 61
Wolfegg 22, 23, 60
Wüstner 60

Zippe 31, 38
Zittel 31, 38



1. Gottesackerplateau.
Von der Scharte aus gesehen. Im Hintergrund der Hohe Ifen. (1970 m.)



2. Gottesackerplateau.
Vom Hohen Ifen aus gesehen. (2230 m.)



3. Untere Kessellöcher.
(1686 m.)



4. Obere Kessellöcher.
(1750 m.)



5. Am oberen Ausgang der Kessellöcher.
(1832 m.)



6. Partie vom Gottesackerplateau.
Blick nach der Ifenplatte und dem Hohen Ifengipfel. (1852 m.)



7. Dritte Spitzeck.
Von der Ifenplatte aus gesehen. (1946 m.)



8. Partie von der Ifenplatte.
(1960 m.)



9. Partie aus der Mitte des Gottesackerplateaus.
(1900 m.)



10. Partie vom Gottesackerplateau.
Im Hintergrund der Hohe Ifen. (1930 m.)



11. *Spitze Karren von der Ifenplatte.*
(1963 m.)



12. *Partie von dem nördlichen Teil der Ifenplatte.*
(1875 m.)



13. Partie aus der Mitte des Gottesackerplateaus.
(1908 m.)



14. Am Loch.
(1820 m.)



15. Wand der Einsturzfalte im Hochrubachgebiet.
(1830 m.)



16. Einsturzfalte im Hochrubachgebiet.
Abschluss durch die westlichen Oberen Gottesackerwände. (1833 m.)



17. Südlicher Anstieg im oberen Gottesackerloch.
(1836 m.)



18. Karrenschlucht als oberer Ausgang des Gottesackerloches.
(1818 m.)



19. Karrenwand aus dem oberen Gottesackerloch.
(1804 m.)



20. Gottesackeralp.
(1836 m.)



21. *Einbruchskessel.*
Beim Anstieg nach dem Gottesackerplateau von der Schneider-Küren-Alp aus. (1746 m.)



22. *Im Hinteren Gatter.*
Fichten auf Karrenblöcken. (1381 m.)



23. Karren rechts vor dem unteren Eingang zum Gottesackerloch.
(1586 m.)



24. Karren im oberen Mahdtal unweit des Hölloches.
(1483 m.)



25. Karren im oberen Mahdtal.
(1497 m.)



26. Östliche Auflösung des Hohen Ifen.
(1804 m.)



27. Ostabfall der Gottesackerwände.
Übergang der Fichten in Latschen. (1737 m.)



28. *Joch zwischen den Unteren Gottesackerwänden und dem Gatterkopfe.*



29. *Rohrmoos mit den Unteren Gottesackerwänden.*



30. Karrenpartie am Fusse der Naunspitze.
(Ungefähr 1500 m.)



31. Karrenpartie an der Südseite der Naunspitze.
Rechts Absturz der Naunspitze. (Ungefähr 1500 m.)



32. Stück eines Karrenfirstes vom Gottesackerplattert mit Rinnenbildung.
(Natürl. Grösse.)



33. Karrenrinnen an Kalkblöcken vom Haller Anger (Karwendel).
ca. 1800 m. (Natürl. Grösse. — Gefunden von Chr. März.)



34. Links: Karrensteinplatte vom Gottesacker.
(Profilphotographie. cf. unten. Verkl. 2 : 1.)
Rechts: Karrensteinfirst.
1 m tief herausgegraben bei der Naunspitze. (Verkl. 2 : 1.)



35. Links: Karrensteinplatte vom Gottesacker.
(cf. oben. Verkl. 2 : 1.)
Rechts: Dunkler Kalkstein, von weissen Kalkspatadern durchtrümert (durchädert).
Im Südwesten vom Hohen Ifen. (Verkl. 2 : 1)



36. Karrenstein vom Plateau des Zahmen Kaiser.
(Verkl. 3 : 1.)

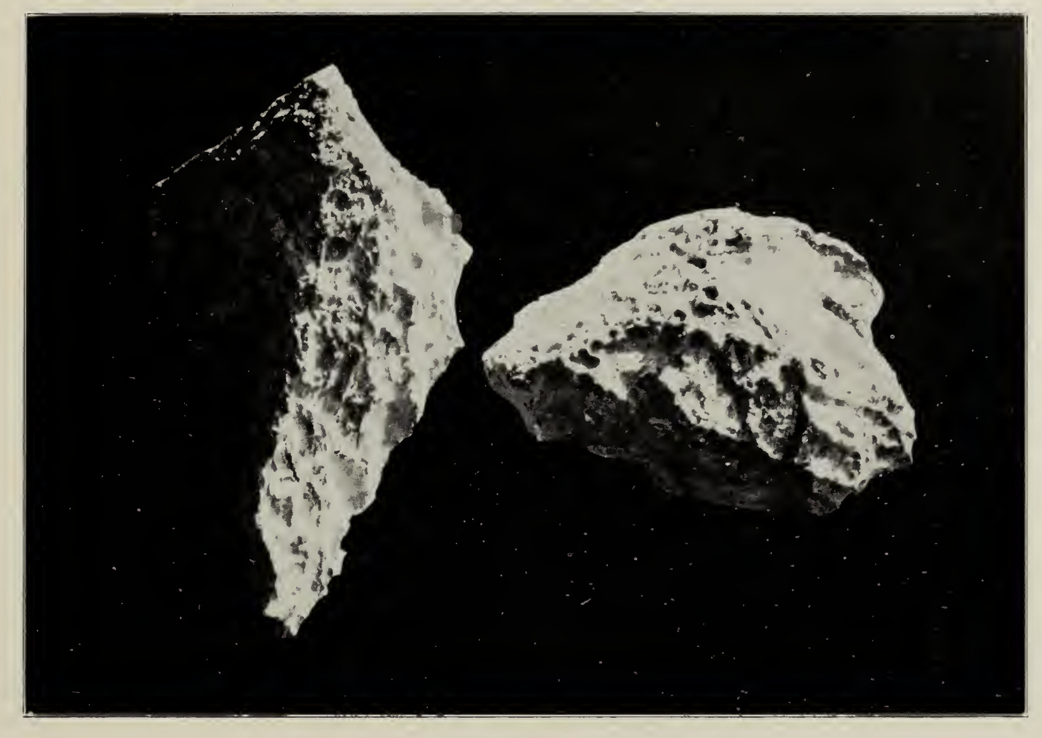


37. Karrenstein vom Wilden Kaiser.
In der Nähe des Treffauer. (Verkl. 3 : 1.)

38. Karrensteine: Vom Kaisergebirge (oben). (Verkl. 2 : 1.)
Vom Hohen Ifen (unten). (Verkl. 2 : 1.)



39. Karrenstein vom Hohen Ifen. (*Verkl.* $3\frac{1}{2}$: *1. — Gefunden von Fr. Ratzel.*)



40. Karrenstücke vom Ifenloch.
(Verkl. 2 : 1)



ALPHONS BRUCKMANN, MÜNCHEN.
